

natuurkunde overal na vwo deel 3

UITWERKINGEN

epn

natuurkunde overal

na vwo deel 3

UITWERKINGEN

derde druk
derde oplage, 2010

Pieter Hogenbirk
Jan Frankemölle
Dik Jager
Theo Timmers

epn

inhoud

12 Rechtlijnige bewegingen

12.1 Inleiding

A 1

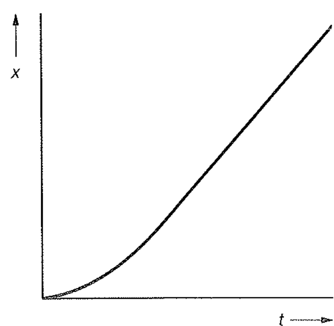
a Van km/h naar m/s: delen door 3,6 → auto 23,1 m/s, cheeta 30,6 m/s
b $s = v \cdot t$; het snelheids*verschil* is 7,5 m/s → in 15 s legt de cheeta $7{,}5 \times 15 = 112 = 1{,}1 \cdot 10^2$ m meer af.

B 2

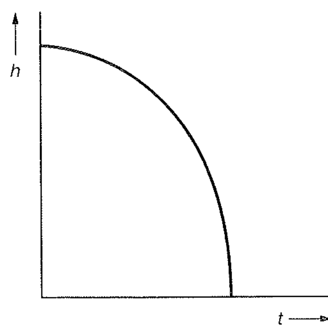
a $3 \cdot 10^2$ m/s
b $3 \cdot 10^8$ m/s
c 10^3 m/s
d $10^0 = 1$ m/s
e $10^1 = 10$ m/s

B 3

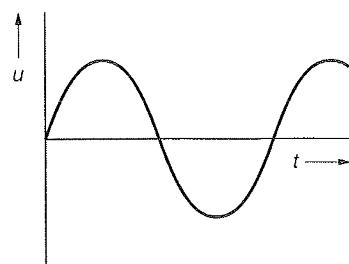
a In het begin een krom oplopende lijn vanwege de versnelling bij de start. Daarna een rechte (schuine) lijn (constante snelheid). Zie figuur 12.1a.
b De grafiek begint op een zekere hoogte en loopt vanwege de oplopende snelheid steeds steiler. Zie figuur 12.1b.
c Er is een periodieke beweging: de grafiek heeft de vorm van een sinus. Zie figuur figuur 12.1c.



12.1a



12.1b



12.1c

A 4

a Een grootheid is een meetbare eigenschap.
b Als *m* cursief gedrukt is of voor een =-teken staat, is het de grootheid massa.
Als m gewoon gedrukt is en vlak achter een meetwaarde staat, is het de eenheid meter.
c Vectorgrootheden hebben in tegenstelling tot scalars een richting (en een aangrijpingspunt).
d Je zet een pijltje boven het symbool.
e Bijvoorbeeld: snelheid is het tempo waarin de plaats verandert, versnelling is het tempo waarin de snelheid verandert.
Of:
Snelheid geeft aan hoeveel meter je per seconde aflegt.
Versnelling geeft aan hoeveel m/s je per seconde sneller of langzamer gaat.

B 5

a Een cirkelvormige beweging om de aarde
b 407 km
c Afstand = hoogte + aardstraal = 407 + 6378 = $6{,}8 \cdot 10^3$ km
d Kijk op de (▸site).

12.2 De bewegingsgrootheden

R 6

De formule is zo bekend dat je hem overal zou willen toepassen. Maar je mag hem alleen toepassen bij eenparige bewegingen.

A 7

a $v = s / t = 0{,}20 / 10{,}2 \cdot 10^{-3} = 19{,}6$ m/s = 71 km/h
b Je rekent eigenlijk de gemiddelde snelheid uit. Maar omdat de verplaatsing klein is en de tijd dus kort, kun je ook spreken over de momentane snelheid.
c Als je schuin over de draden zou rijden, maak je de afstand (en dus ook de passeertijd) groter. De berekende snelheid wordt dan kleiner (want de computer blijft met 20 cm rekenen). De bestuurder heeft dus gelijk.

A 8

a Momentane snelheid
b Momentane snelheid
c Gemiddelde snelheid

B 9

a De passeertijd van de kogel is 140 – 96 = 44 ms.
b De diameter van de kogel is 3,5 cm. De snelheid is 0,035 / 0,044 = 0,80 m/s.

B 10

a $v_{gem} = s / t = 41{,}5 / 7{,}0 = 5{,}9$ m/s
b $v_{gem} = s / t = (41{,}5 - 41{,}5) / 7{,}0 = 0{,}0$ m/s
c De plaats blijft even dezelfde op t = 10 s.
d De verplaatsing per seconde (de steilheid) is het grootst tussen 4,5 s en 5,5 s en tussen 15,5 s en 16,0 s. In die perioden is de snelheid maximaal.

B 11

a t = 1,5 s en t = 4,5 s
b $s = -2{,}0 - (2{,}0) = 4{,}0$ m; $t = 4{,}5 - 1{,}5 = 3{,}0$ s
$v_{gem} = s / t = -4{,}0 / 3{,}0 = -1{,}3$ m/s
c $v_{gem} = s / t = (-1{,}7 - 1{,}7) / (4{,}0 - 2{,}0) = -3{,}4 / 2 = -1{,}7$ m/s
d In de buurt van t = 6,0 s is de verplaatsing tussen 5,8 s en 6,2 s gelijk aan 0,42 – (–0,42) = 0,84 m.

$$v = \frac{0{,}84}{6{,}2 - 5{,}8} = \frac{0{,}84}{0{,}4} = 2{,}1 \text{ m/s}$$

B 12

Je legt een afstand af van 10 + 8 + 20 km = 38 km.
De tijd die je nodig hebt, is 30 + 12 + 40 min = 82 min = 1,367 uur.
De gemiddelde snelheid is 38 / 1,367 = 28 km/h. Dus de gemiddelde snelheid is *niet* 30 km/h.

A 13

a Kijk op de ▸site.
b Het s,t-diagram geeft een schuine grafiek door de oorsprong.
c Het v,t-diagram geeft een horizontale grafiek.
d Door te kijken
e $v = \Delta s / \Delta t$ toepassen

12.3 De eigenschappen van het *s,t*-diagram

A 14

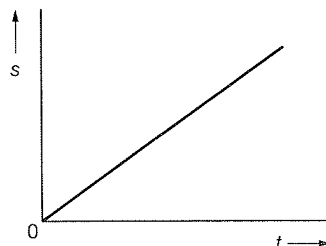
a De snelheid van de auto kan kleiner of groter zijn dan die van de wielrenner.
b 30 – 12 =18 km/h of 30 + 12 = 42 km/h

B 15

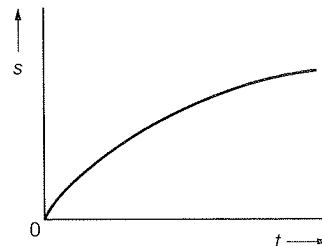
a Ongeveer 50 km
b Uiteindelijk 0, je bent weer terug waar je begonnen bent.
c 50 + 50 = 100 km
d $v_{gem} = \Delta x / \Delta t$, $\Delta x = 0 \rightarrow v_{gem} = 0$

A 16

a De stippen staan steeds even ver van elkaar.
b De stippen staan steeds dichter bij elkaar.
c Zie figuur 12.2a.
d Zie figuur 12.2b.



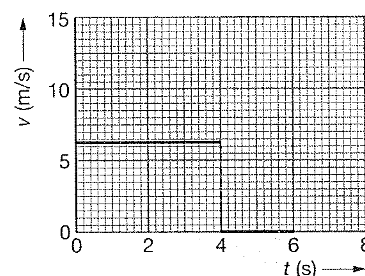
12.2a



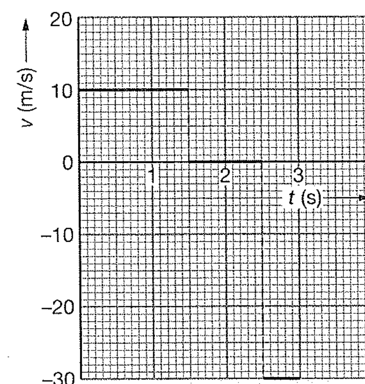
12.2b

B 17

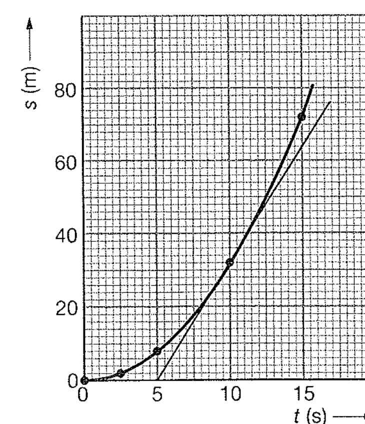
Bij de diagrammen a en b van figuur 12.19 in het leerboek zijn de schuine delen steeds constante snelheden. Die kun je berekenen. Figuur 12.3a hieronder hoort bij figuur 12.19a uit het leerboek en figuur 12.3b hoort bij figuur 12.19b.
In figuur 12.19c in het leerboek neemt de snelheid toe. Je kunt de snelheid bepalen door de steilheid van de raaklijn aan de grafiek te bepalen. Bij t = 10 s vind je v = 62 / 9,7 = 6,4 m/s (figuur 12.3c).
Andere resultaten zijn v = 0 m/s bij t = 0 s (horizontale raaklijn); v = 3,2 m/s (bij t = 5 s) en v = 9,6 m/s (bij t = 15 s). Zie verder figuur 12.3d.



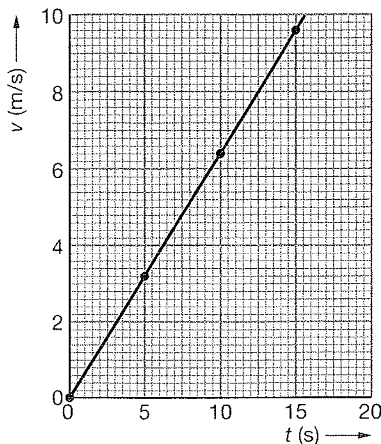
12.3a



12.3b



12.3c



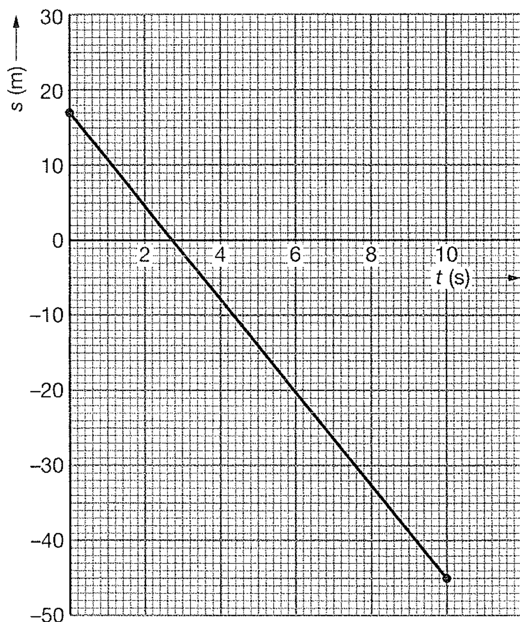
12.3d

B 18

De lucht beweegt over de vleugels: deze wordt met een bepaalde snelheid erlangs geblazen. Je krijgt dan hetzelfde effect als wanneer de vleugels door de lucht bewegen. De *relatieve* snelheid tussen de vleugels en de lucht (wind) is dezelfde.

C 19

a Invullen in de functie: $s(0) = 17$ m
b Invullen: $s(10) = 17 - 62 = -45$ m
c Zie figuur 12.4. $t = 5{,}0$ s; $s(5) = -14$ m. De grafiek is een rechte lijn.

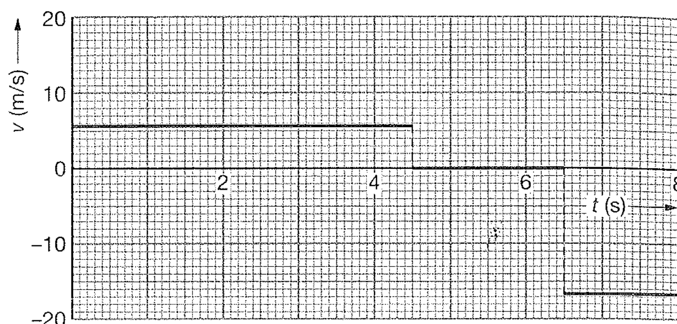


12.4

d De snelheid is de steilheid van de grafiek in figuur 12.4: $-6{,}2$ m/s.
e $v_{gem} = \Delta s / \Delta t$, $v_{gem} = -6{,}2$ m/s, $\Delta t = 3{,}1$ s $\rightarrow$ $s = \Delta x = -19$ m
Alternatief:
$s(4{,}3) = -9{,}7$ m; $s(1{,}2) = 9{,}6 \rightarrow$
$s = s(4{,}3) - s(1{,}2) = -19{,}3$ m

B 20

a Op $t = 7{,}0$ s is de grafiek een schuine rechte lijn.
v = steilheid = $s / t = -2{,}50 / 1{,}50 = -16{,}7$ m/s
b Tussen 0 s en 4,5 s is $v = 25 / 4{,}5 = 5{,}6$ m/s
Tussen 4,5 en 6,5 s is $v = 0$
Voor $t = 6{,}5$ s tot $t = 8{,}0$ s geldt: $\Delta s = -25{,}0$ m, $\Delta t = 1{,}50$ s; $v = -16{,}7$ m/s
Zie figuur 12.5.
c $x(2{,}5) = 14$ m en $x(7{,}5) = 8{,}5$ m; de verplaatsing $s = -5{,}6$ m.



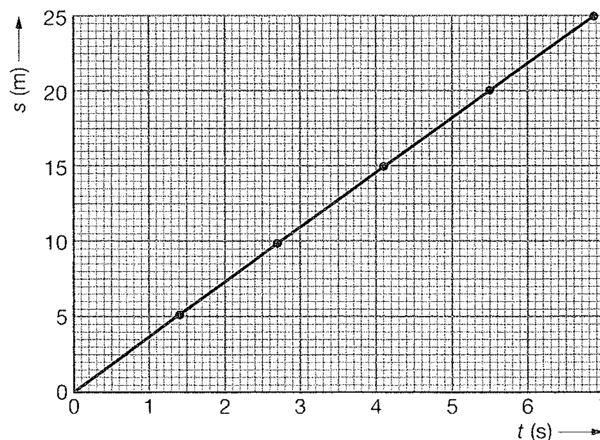
12.5

B 21

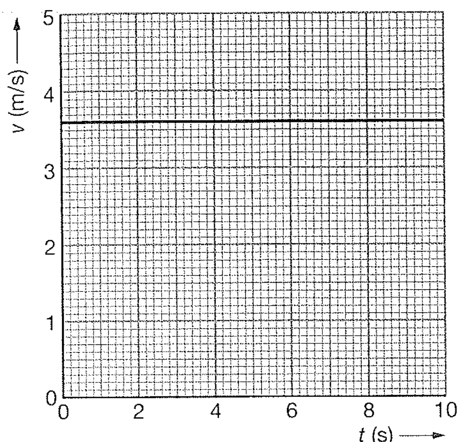
a Een knikker in een maatcilinder met water, met lichtpoortjes op verschillende hoogtes.
b Bereken eerst t_{gem} (zie figuur 12.6a). Zie vervolgens figuur 12.6b.
c De grafiek van figuur 12.6b is een schuine rechte lijn. De snelheid is dus constant. Steilheid bepalen van de lijn. Kijk bij $t = 6{,}9$ s: $v = \Delta s / \Delta t = 25 / 6{,}9 = 3{,}6$ m/s.
Zie figuur 12.6c.

s (cm)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	t_{gem} (s)
0	0	0	0
5	1,2	1,5	1,4
10	2,7	2,6	2,7
15	4,1	4,0	4,1
20	5,5	5,5	5,5
25	7,0	6,8	6,9

12.6a



12.6b



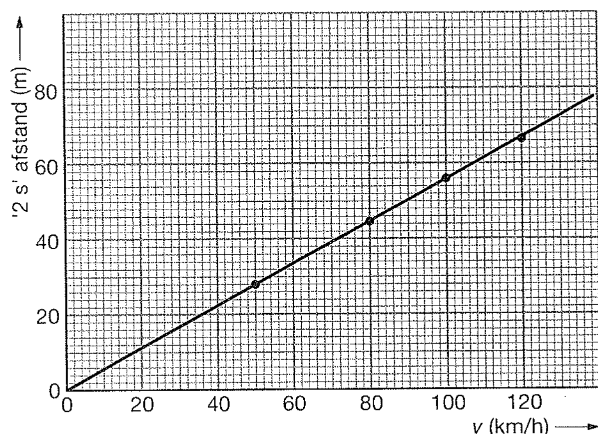
12.6c

B 22

a De afstand die je zelf in 2 s aflegt.

b 28 m (50 km/h); 44 m (80 km/h); 56 m (100 km/h); 67 m (120 km/h)

c Zie figuur 12.7. De grafiek loopt op: bij hogere snelheid is de 'afstand van 2 s' groter.



12.7

d Kijken of je voorligger een bepaald markant punt langs de weg passeert. Dan vaststellen of het 2 s duurt eer je ook langs dat punt gaat.

e Enkele argumenten:
- Het maakt wel duidelijk dat je met toenemende snelheid een grotere afstand moet bewaren.
- De slogan 'vergeet' de afstanden die in de reactietijd worden afgelegd.

C 23

a Lees af bij $t = 0$ s $\rightarrow$ 100 m (hectometerpaaltjes)

b Bepaal de steilheden:
Personenauto: $v = \Delta s / \Delta t = 445 / 20 = 22{,}3$ m/s $\rightarrow$ $v = 80$ km/h
Vrachtwagen: $v = \Delta s / \Delta t = (405 - 100) / 20 = 15{,}3$ m/s $\rightarrow$ $v = 55$ km/h

c De voorkant van de auto is 13,0 m achter de achterkant van de vrachtwagen; het verschil in plaats met de voorkant van de vrachtwagen is dus 13,0 + 17,1 = 30,1 m.
Van de oorspronkelijke 100 m verschil is dus 69,9 m af. Het snelheidsverschil is 6,94 m/s; $t = s / v = 10$ s.

d Aflezen: $x_{auto} = x_{vrachtwagen} \rightarrow t = 14{,}4$ s

e Bij het voltooien is de voorkant van de auto 9,0 + 3,2 = 12,2 m voor op die van de vrachtwagen. Na het op gelijke hoogte zijn (vraag d) duurt dit 12,2 / 6,94 = 1,8 s.
Op $t = 14{,}4 + 1{,}8 = 16{,}2$ s is de personenauto weer terug op de rechterweghelft.
Alternatief:
Een achterstand van 100 m op de vrachtwagen (bij $t = 0$ s) is omgezet in een voorsprong van 12,2 m. Het verschil van 112,2 m wordt in een tijdsduur van 112,2 / 6,94 = 16,2 s gerealiseerd.

f De hele manoeuvre duurt 16,2 s. In die tijd rijdt de auto $22{,}3 \times 16{,}2 = 361$ m en de tegenligger $(75 / 3{,}6) \times 16{,}2 = 338$ m. In totaal moet de tegenligger $7{,}0 \cdot 10^2$ m ver weg zijn.

12.4 De eigenschappen van het *v,t*-diagram

A 24

a $a = \Delta v / \Delta t$ = steilheid grafiek = $(40 - 0) / (8{,}0 - 0) = 5{,}0$ m/s^2

b s = oppervlakte onder grafiek = $\frac{1}{2} \times 7{,}0 \times 35 = 1{,}2 \cdot 10^2$ m

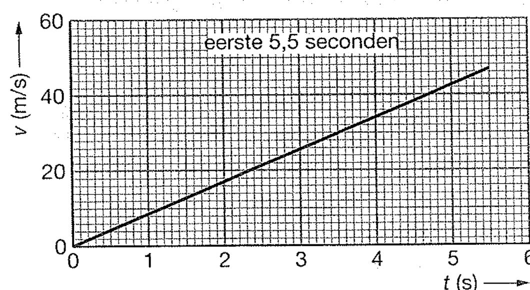
A 25

Bij een eenparige beweging is $a = 0$ m/s^2. De grafiek in een a,t-diagram valt samen met de horizontale tijdas.

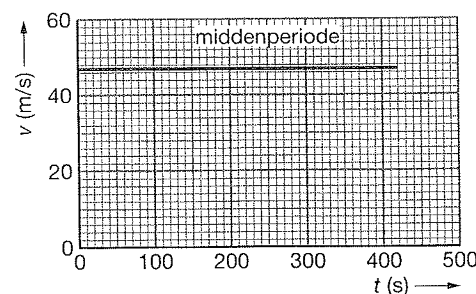
B 26

a Van achter naar voor rekenen.
$a = \Delta v / \Delta t$: gedurende 7,7 s een vertraging van 6,14 m/s^2 betekent $\Delta v = a \cdot \Delta t = 6{,}14 \times 7{,}7 = 47{,}3$ m/s. Dat is de snelheid op het constante stuk (420 s).
In de eerste periode versnelt de TGV van 0 tot 47,3 m/s met $a = 8{,}6$ m/s^2. Dat duurt $\Delta t = \Delta v / a = 47{,}3 / 8{,}6 = 5{,}5$ s.

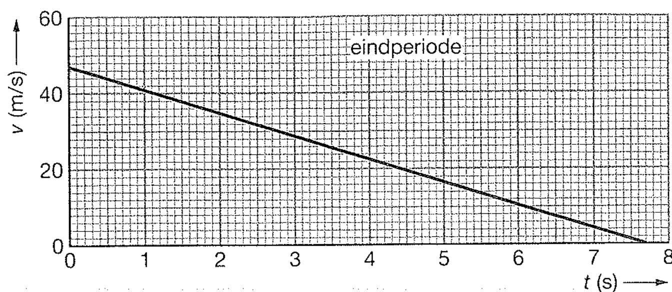
b Zie figuur 12.8abc.



12.8a



12.8b



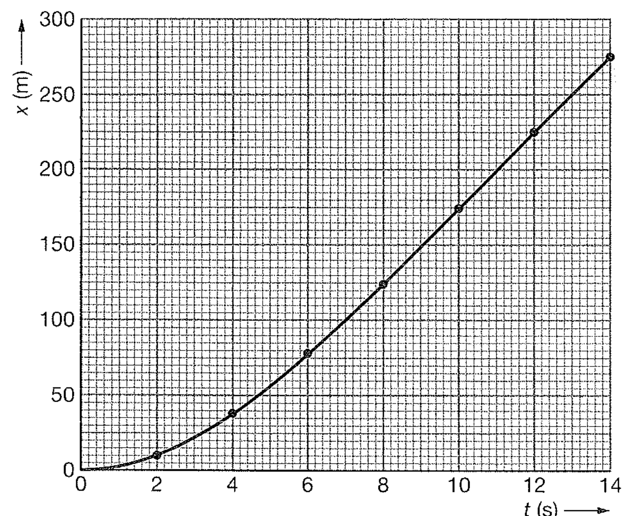
12.8c

c Eerste periode:
$v_{gem} = 47{,}3 / 2 = 23{,}65$ m/s $\rightarrow s = v_{gem} \cdot \Delta t = 130$ m
Tweede periode:
$v = 47{,}3$ m $\rightarrow s = v_{gem} \cdot \Delta t \rightarrow s = 19{,}866$ km
Derde periode:
$v_{gem} = 47{,}3 / 2 = 23{,}65$ m/s $\rightarrow s = v_{gem} \cdot \Delta t = 182$ m
De totale verplaatsing is 130 + 19,9 + 0,18 = 20,2 km.

B 27

a – Tussen 0 en 2 s; $s = v_{gem} \cdot t = 5 \times 2 = 10$ m
– Tussen 2 en 4 s; $s = 28$ m (oppervlakte onder grafiek bestaat uit een vierkant plus een – bijna – driehoek): totaal 10 + 28 = 38 m
– Tussen 4 en 6 s; $s = 40$ m (een rechthoek plus een – bijna – driehoek): totaal 40 + 38 = 78 m
– Tussen 6 en 8 s; $s = 46$ m, totaal 78 + 46 = 124 m

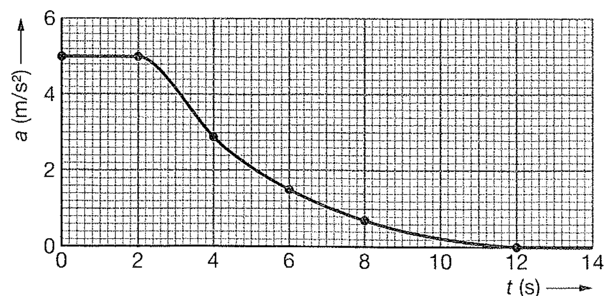
b Zie figuur 12.9.



12.9

c Bepaal van de raaklijnen op die tijdstippen de steilheid:
$a = \Delta v / \Delta t = 30 / 6{,}0 = 5{,}0$ m/s²;
$a = \Delta v / \Delta t = 30 / 6{,}0 = 5{,}0$ m/s²;
$a = \Delta v / \Delta t = 23 / 8{,}0 = 3{,}9$ m/s²
$a = \Delta v / \Delta t = 10 / 14 = 0{,}71$ m/s² en
$a = \Delta v / \Delta t = 0$ m/s²

d Zie figuur 12.10.



12.10

e Tussen $t = 0$ s en $t = 2$ s; daar is de versnelling het grootst, dus volgens de tweede wet van Newton ook de resulterende kracht.

f Vanaf $t = 10$ s. Daar is de snelheid constant, dus de versnelling (en de kracht) nul.

B 28

De snelheidsverandering in die tijdsduur. Kijk naar de eenheid: (m / s²) · (s) = m/s.

B 29

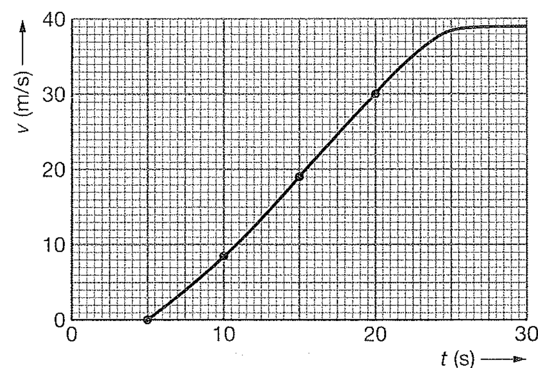
a $v = s / t = 480 / 30 = 16{,}0$ m/s = 57,4 km/h

b Daar staat de motoragent nog stil (hij stapt op zijn motor, maar rijdt nog niet).

c Snijpunt van beide grafieken: $s = 400$ m

d 225 m in 15,0 s; $v_{gem} = 15{,}0$ m/s

e Op $t = 10$ s; $v = 100 / 11{,}8 = 8{,}47$ m/s
Op $t = 15$ s; $v = 190 / 10{,}0 = 19{,}0$ m/s
Op $t = 20$ s; $v = 475 / 15{,}0 = 31{,}7$ m/s
Na 24 s loopt de grafiek vrijwel als een rechte lijn verder en is de constante snelheid de steilheid
$v = \Delta s / \Delta t = 515 / 13{,}2 = 39{,}0$ m/s.
Zie figuur 12.11.



12.11

f De snelheid neemt toe van 0 m/s (op $t = 5{,}0$ s) tot 39,0 m/s (op $t = 25{,}0$ s) $\rightarrow$ $a_{gem} = \Delta v / \Delta t = 39{,}0 / 20{,}0 = 1{,}95$ m/s²

B 30

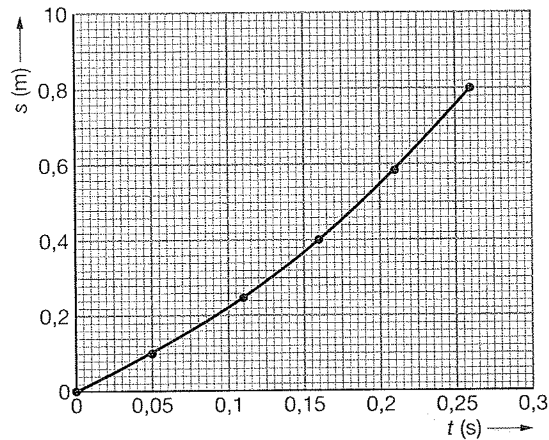
a De afstand tussen de 'twee' opeenvolgende glijders neemt gelijkmatig toe. De tijdsduur is steeds dezelfde, dus de gemiddelde snelheid neemt toe.

b Meet Δs op tussen het eerste en derde rietje. Deel dit door twee maal de flitstijd en je krijgt de gemiddelde snelheid. Dit is de snelheid op de plek van het tweede rietje. Bereken op dezelfde manier de snelheid van het tweede rietje rechts. De versnelling is dan de verandering van de snelheid gedeeld door drie maal de flitstijd.
Δs bij tweede afbeelding links: 2,4 cm op foto = 24 cm in werkelijkheid, 2× de flitstijd is 2 / 19 = 0,105 s. De gemiddelde snelheid is 2,29 m/s.
Δs bij tweede afbeelding rechts: 4,0 cm op foto = 40 cm in werkelijkheid. De gemiddelde snelheid is 3,81 m/s.
$a = (3{,}81 - 2{,}29) / 0{,}158 = 9{,}68$ m/s²

c Figuur opmeten (zie de tabel van figuur 12.12a).
Zie figuur 12.12b voor het diagram.

t (s)	s (foto) (m)	s (werkelijk) (m)
0	0	0
0,052	1,5	0,10
0,10	3,5	0,24
0,16	5,8	0,39
0,21	8,6	0,58
0,26	11.7	0,78

12.12a



12.12b

B 31

a Oppervlak onder de grafiek benaderen door een driehoek door de punten (0; 50) en (10,4; 0):
$s = ½ \times 10,4 \times 50 = 2,6 \cdot 10^2$ m

b $v_{gem} = \Delta s / \Delta t = 2,6 \cdot 10^2 / 8 = 33$ m/s (niet de snelheid op $t = 4,0$ s aflezen!)

c Raaklijn op $t = 4,0$ s: $a = \Delta v / \Delta t = -35,5 / 8,0 = -4,5$ m/s²

d $a_{gem} = \Delta v / \Delta t = -45 / 8 = -5,6$ m/s²

B 32

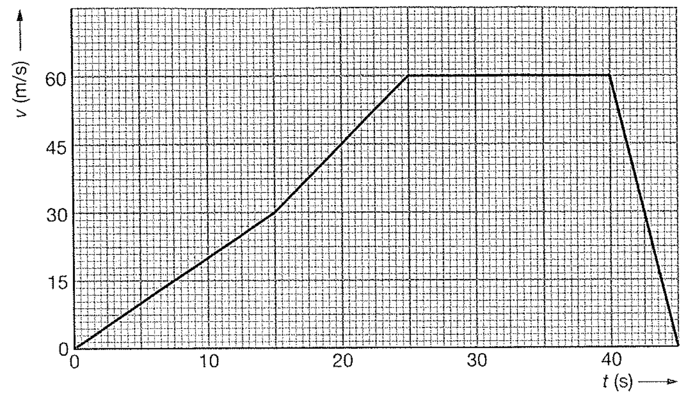
a $a = \Delta v / \Delta t$, $\Delta v = -60$ m/s, $a = -12$ m/s² $\rightarrow$ $\Delta t = 5,0$ s

b Eerste periode:
$a = 2,0$ m/s²; in 15 s is $\Delta v = a \cdot \Delta t = 30$ m/s $\rightarrow$
van (0; 0) naar (15 s; 30 m/s)
Tweede periode:
$a = 3,0$ m/s²; $\Delta v = 60 - 30 = 30$ m/s
Deze periode duurt 10 s.
Derde periode:
v blijft constant op 60 m/s.
In de laatste periode (5,0 s) gaat de snelheid van 60 m/s naar 0 m/s. Zie figuur 12.13.

c $a_{gem} = \Delta v / \Delta t$, $\Delta v = 0$ m/s $\rightarrow$ $a = 0$ m/s²

d Bepaal steeds het oppervlak onder de grafiek in het v,t-diagram.
Eerste periode: tussen 0 s en 15 s is $s = 225$ m
Tweede periode: tussen 15 s en 25 s is $s = 450$ m
Derde periode: tussen 25 s en 40 s is $s = 900$ m
Vierde periode: tussen 40 s en 45 s is $s = 150$ m

e Totale verplaatsing $s_{tot} = 1725$ m
$v_{gem} = s_{tot} / t_{tot} = 1725 / 45 = 39$ m/s



12.13

12.5 Bewegingsvergelijkingen

A 33

a $s(t) = ½a \cdot t^2 \rightarrow s(6,0) = ½ \times 2,4 \times 6,0^2 = 43$ m

b De snelheid die de zebra heeft na 6,0 s

c $v(t) = a \cdot t \rightarrow v(6,0) = 2,4 \times 6,0 = 14$ m/s

A 34

$½a \cdot t^2 = s \rightarrow a \cdot t^2 = 2 \cdot s \rightarrow a = 2 \cdot s / t^2$

B 35

a $v = a \cdot t = 5,11 \times 1,72$ s $= 8,79$ m/s;
$s = ½a \cdot t^2 = ½ \times 5,11 \times 1,72^2 = 7,56$ m

b De rest is $400 - 7,56 = 392,44$ m $\rightarrow$
$t = s / v = 392,44 / 8,79 = 44,6$ s

c $v_{gem} = s / t = 400 / (44,6 + 1,72) = 8,64$ m/s

B 36

a $s(t) = ½a \cdot t^2 \rightarrow s(t) = ½ \times 5,2 \times t^2 = 2,6 \cdot t^2$ en
$v = a \cdot t = 5,2 \cdot t$

b $v = 70 / 3,6 = 19,4$ m/s; $v = a \cdot t \rightarrow$
$t = v / a = 19,4 / 5,2 = 3,3$ s
$s = ½a \cdot t^2 = ½ \times 5,2 \times 3,3^2 = 36$ m

B 37

a $v = a \cdot t \rightarrow t = v / a = 61 / 4,1$ m/s² $= 14,9$ s
$s = ½a \cdot t^2 = ½ \times 4,1 \times 14,9^2 = 4,5 \cdot 10^2$ m

b $s = ½a \cdot t^2 \rightarrow 420 = ½a \cdot t^2$
$v = a \cdot t \rightarrow 61 = a \cdot t \rightarrow t = 61 / a$
Dit invullen in de plaatsfunctie:
$420 = ½a \cdot (61/a)^2 \rightarrow 840 = 61^2 / a \rightarrow$
$a = 61^2 / 840 = 4,4$ m/s²

C 38

a $v(t) = -12,4 + 6,6 \cdot t$

b 6,6 m/s² (in de plaatsfunctie staat $½a \cdot t^2$!).

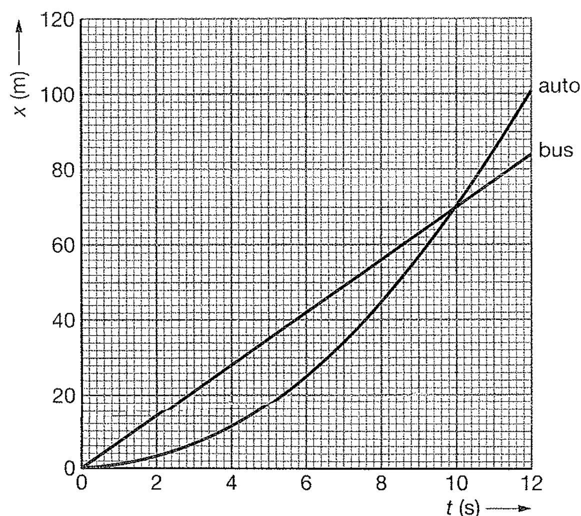
c $x = 40,2 - 12,4 \cdot t + 3,3 \cdot t^2$;
met $t = 4$ s $\rightarrow x(4) = 52,1$ m
met $t = 0$ s $\rightarrow x(0) = 40,2$ m $\rightarrow s = x(4) - x(0) = 11,9$ m

B 39

a Auto: $x_A = \frac{1}{2}a \cdot t^2$, $a = 1{,}40$ m/s² → $x_A = 0{,}70t^2$
Bus: $x_B = v \cdot t$, $v = 25$ km/h = 6,94 m/s → $x_B = 6{,}94 \cdot t$

b Zie figuur 12.14.
Voor de bus een rechte lijn. Punten zijn in (in s; in m): (0;0) en (10;69,4).
Voor de auto een parabool. Punten zijn(in s; in m): (0;0), (2,0;2,8), (4,0;11,2), (6,0;25,2), (8,0;44,8), (10,0;69,4), (12,0;100,8).

c Auto: $x_A = 2 \cdot 1{,}4 \cdot t^2$; Bus: $x_B = 6{,}9 \cdot t$
Bij het inhalen geldt $x_A = x_B$ → $0{,}70 \cdot t^2 - 6{,}94 \cdot t = 0$ → $t \cdot (0{,}70 \times t - 6{,}94) = 0$ → $t = 0$ (dat is bij het verkeerslicht) of $t = 9{,}9$ s. Deze laatste oplossing is de gevraagde.



12.14

B 40

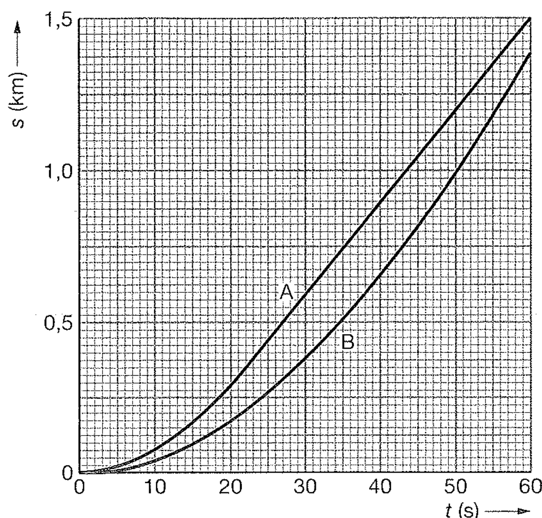
a A: eerst $x_A = \frac{1}{2}a \cdot t^2$, $a = 1{,}50$ m/s² → $x_A = 0{,}75 \cdot t^2$ en $v_A = a \cdot t = 1{,}50 \cdot t$
B: eerst $x_B = \frac{1}{2}a \cdot t^2$, $a = 0{,}80$ m/s² → $x_A = 0{,}40 \cdot t^2$ en $v_B = a \cdot t = 0{,}80 \cdot t$
Voor het tweede deel moet eerst de snelheid worden berekend. Op het eind van het eerste deel, op $t = 20$ s is $v_A = 30$ m/s. En bij B, op $t = 50$ s, is $v_B = 40$ m/s. De beweging is bij A eenparig, vanaf $t = 20$ s met $v = 30$ m/s. En bij B, vanaf $t = 50$ s met $v = 40$ m/s.

t (s)	x_A (km)	x_B (km)
0	0	0
10	0,075	0,040
20	0,30	0,16
30	0,60	0,36
40	0,90	0,64
50	1,20	1,00
60	1,50	1,40

b Zie figuur 12.15.

c Dat is de relatieve snelheid: 40 – 30 = 10 m/s

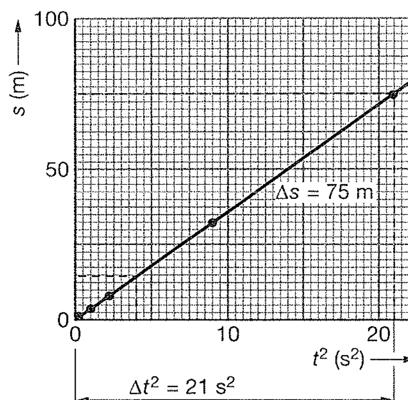
d Op $t = 60$ s ligt B nog $1{,}50 \cdot 10^3 - 1{,}40 \cdot 10^3 = 100$ m achter. 10 m/s (antwoord c) → Die afstand is in 100 / 10 = 10 s overbrugd → $t = 70$ s



12.15

C 41

a Zie figuur 12.16. Eerst t^2 uitrekenen, respectievelijk 0; 0,25; 1,0; 2,25; 9,0; 20,25 s².



12.16

b Aflezen in de grafiek bij $t^2 = 4{,}0$ s²; $s = 13$ m

c Steilheid = 75 / 21 = 3,6 m/s²

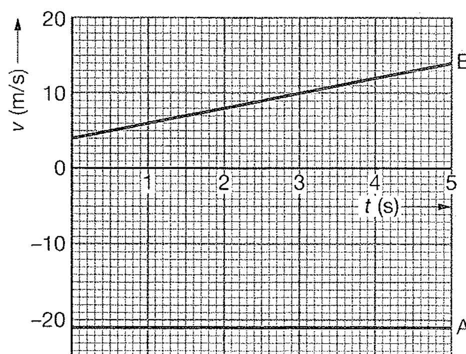
d De grafiek in figuur 12.16 is een rechte lijn. Daarvoor geldt: $x(t) = 3{,}6 \cdot t^2$.

e Voor een eenparig versnelde beweging geldt: $x(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2$. Hier is dus $\frac{1}{2}a = 3{,}6$ → $a = 7{,}2$ m/s²

C 42

a Auto A: $v_0 = -20{,}3$ m/s en $a = 0$ m/s²;
Auto B: $v_0 = 4{,}5$ m/s en $a = 2{,}0$ m/s²

b Zie figuur 12.17.



12.17

c Invullen in de snelheidfuncties: $v_A(5) = -20$ m/s; $v_B(5) = 15$ m/s. De relatieve snelheid is 35 m/s.

12.6 Vallen zonder wrijving

A 43

a Het veertje
b Beide nagenoeg tegelijk
c De laatste proef, omdat ook op de maan geen lucht aanwezig is

A 44

a $h = ½g \cdot t^2 \rightarrow 45 = ½ \times 9{,}81 \times t^2 \rightarrow t = 3{,}0$ s
b WBE en delen door m:
$g \cdot h = ½v^2 \rightarrow 9{,}81 \times 45 = ½v^2 \rightarrow v = 30$ m/s
Alternatief:
$v = g \cdot t = 9{,}81 \times 3{,}03 = 30$ m/s
c Voor de gevallen afstand x geldt: $x(t) = ½g \cdot t^2$
$x(1{,}0) = 4{,}89$ m; $x(2{,}0) = 19{,}6$ m; $x(3{,}0) = 44{,}1$ m →
$s_{0-1} = 4{,}89$ m; $s_{1-2} = 14{,}7$ m; $s_{2-3} = 24{,}5$ m

A 45

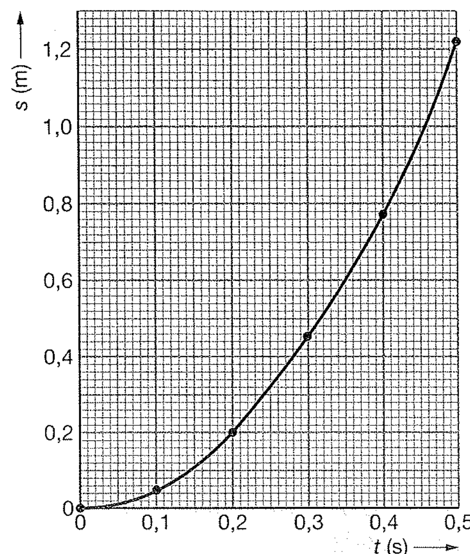
a Kijk naar de eenheid: die van de eerste formule is m² en die van de tweede m³. De tweede formule hoort dus bij het volume.
b $r = ½d \rightarrow V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = 4\pi \times (0{,}50 \cdot 10^{-2})^3 / 3 = 5{,}2 \cdot 10^{-7}$ m³

B 46

a $v = 23$ km/h $= 6{,}39$ m/s
$v = g \cdot t \rightarrow t = v / g = 6{,}39 / 9{,}81 = 0{,}65$ s
$h = ½g \cdot t^2 = ½ \times 9{,}81 \times 0{,}65^2 = 2{,}1$ m
Alternatief:
WBE en delen door m:
$g \cdot h = ½v^2$. Met $v = 6{,}39$ m/s en $g = 9{,}81$ m/s² volgt $h =$ 2,1 m.
b Wordt de snelheid 2× zo groot, dan wordt volgens $v = g \cdot t$ de valtijd 2× zo groot. Dan wordt volgens $h = ½g \cdot t^2$ de hoogte h 4× zo groot.
Alternatief:
$g \cdot h = ½v^2$: wordt de snelheid 2× zo groot, dan wordt h 4× zo groot.

B 47

Het gaat om de posities op $t = 0$ s; $t = 0{,}10$ s, $t = 0{,}20$ s, ... $t = 0{,}50$ s.
Die zijn volgens $s(t) = ½ \times 9{,}81 \times t^2$ achtereenvolgens:
0 cm; 4,9 cm; 19,6 cm; 44,1 cm; 78,5 cm; 122,6 cm.
Zie figuur 12.18.



12.18

B 48

Iedere druppel heeft een valtijd van 10 / 19 = 0,526 s.
$h = ½g \cdot t^2 = ½ \times 9{,}81 \times 0{,}526^2 = 1{,}4$ m

B 49

a $h = ½g \cdot t^2$. Met $h = 110{,}2$ m en $t = 4{,}74$ s volgt $g = 9{,}81$ m/s²
b $h = ½g \cdot t^2 = ½ \times 9{,}82 \times 420$ s $= 866$ km (dat is ver buiten de dampkring)
c De hoogte zal minder groot hoeven te zijn, omdat de raket in het begin langzamer aan snelheid wint en dus langzamer valt.

B 50

Verticaal: $s_{verticaal} = ½g \cdot t^2$. Met $s = 9{,}5$ m en $g = 9{,}81$ m/s² volgt $t = 1{,}4$ s
Horizontaal: $s_{horizontaal} = v \cdot t$. Met $s_{horizontaal} = 24$ m en $t = 1{,}4$ s volgt $v = 17{,}1$ m/s $= 62$ km/h

B 51

a WBE en delen door m:
$g \cdot h = ½v^2 \rightarrow 9{,}81 \times 1{,}6 \cdot 10^3 = ½v^2 \rightarrow v = 1{,}8 \cdot 10^2$ m/s
b Als de raaklijn het steilste loopt. Dat is tussen 8 s en 24 s.
c $v = \Delta h / \Delta t = (600 - 1200) / (20 - 10) = -60$ m/s
(het minteken betekent hier: naar beneden)
d De snelheid is constant, dat betekent dat de wrijvingskracht even groot is als de zwaartekracht:
$F_w = F_z = m \cdot g = 90 \times 9{,}81 = 8{,}8 \cdot 10^2$ N
e Op ongeveer 350 m, daar gaat de parachutist afremmen.
f Steilheid raaklijn laatste stuk:
$v = \Delta h / \Delta t = -270 / (80 - 30) = -5{,}4$ m/s

C 52

a $E_z = m \cdot g \cdot h = 2{,}2$ J Met $m = 0{,}50 \cdot 10^{-3}$ kg en $g = 9{,}81$ m/s² volgt $h = 0{,}45$ km
b Als de massa groter is, is de snelheid waarmee de kogel wordt afgeschoten kleiner. De kogel is eerder tot stilstand (de vertraging van 9,81 m/s² blijft) dus ook de tijd kleiner.
c Zonder luchtwrijving wordt de stijgtijd bepaald door de vertraging van 9,81 m/s². Met wrijving is in het stijgen de (afremmende) resulterende kracht groter en de vertraging is groter dan 9,81 m/s². De stijgtijd zal korter zijn.

Zonder luchtwrijving wordt de valtijd bepaald door de versnelling met $9{,}81\ m/s^2$. Met wrijving is de resulterende kracht kleiner en de versnelling is kleiner dan $9{,}81\ m/s^2$. De valtijd wordt groter.

R 53

a WBE: $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}m \cdot v_{grond}^2 \rightarrow$
$v_{grond}^2 = 2 \cdot g \cdot h = 2 \times 9{,}81 \times 18 \rightarrow v_{grond} = 19\ m/s$
b $s(t) = \frac{1}{2}g \cdot t^2 \rightarrow 18 = \frac{1}{2} \times 9{,}81 \times t^2 \rightarrow t = 1{,}916\ s$
$v(t) = g \cdot t \rightarrow v(1{,}916) = 9{,}81 \times 1{,}916 = 19\ m/s$
c $v_{gem} = 18{,}79 / 2 = 9{,}40\ m/s$; $t = s / v_{gem} = 18 / 9{,}40 = 1{,}9\ s$
d –

C 54

a De wrijvingskracht neemt toe, totdat deze even groot is als de constante zwaartekracht. Dan is de resulterende kracht 0 N en is de beweging eenparig.
b $[\eta] = [F] / ([k] \cdot [v]) = N / (m \cdot m/s) = N \cdot s / m^2 = Pa \cdot s$
c $F_w = F_z \rightarrow k \cdot \eta \cdot v = m \cdot g \rightarrow v = m \cdot g / (k \cdot \eta)$
d WBE en delen door m:
$g \cdot h = \frac{1}{2}v^2$. Met $h = 2{,}0 \cdot 10^3$ m en $g = 9{,}81\ m/s^2$ volgt
$v = 2{,}0 \cdot 10^2\ m/s$
e $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = \frac{4}{3}\pi \times (0{,}20 \cdot 10^{-3})^3 = 3{,}35 \cdot 10^{-11}\ m^3$
f Eerst m uitrekenen: $m = \rho \cdot V = 1{,}0 \cdot 10^3 \times 3{,}35 \cdot 10^{-11} = 3{,}35 \cdot 10^{-8}$ kg;
$v = m \cdot g / (k \cdot \eta) = 3{,}35 \cdot 10^{-8} \times 9{,}81 / (6\pi \times 0{,}20 \cdot 10^{-3} \times 1{,}81 \cdot 10^{-5}) = 4{,}8\ m/s$

B 55

a,b Kijk op de ▸site.
c $s(t) = \frac{1}{2}g \cdot t^2 \rightarrow 4{,}1 = \frac{1}{2} \times g \times 1{,}48^2 \rightarrow g_{Mars} = 3{,}7\ m/s^2$
d –
e $v_{gem} = s / t = 4{,}0 / 0{,}65 = 6{,}2\ m/s$
f $v_{gem} = s / t = (5{,}2 - 4{,}8) / 0{,}1 = 4{,}0\ m/s$
g $s(t) = \frac{1}{2}g \cdot t^2 \rightarrow 5{,}0 = \frac{1}{2} \times 1{,}63 \times t^2 \rightarrow t = 2{,}48\ s$
$v(t) = g \cdot t \rightarrow v(2{,}48) = 1{,}63 \times 2{,}48 = 4{,}0\ m/s$
h –

13 Wetten van Newton

13.1 Inleiding

A 1

De speerwerpster brengt haar werparm zo ver mogelijk naar *achteren*, werpt met zo groot mogelijke kracht en laat de speer pas los als de werparm zover mogelijk naar *voren* is gestrekt. Daarmee is de verplaatsing van de uitgeoefende kracht zo groot mogelijk en wordt een maximale arbeid en dus kinetische energie meegegeven.

A 2

Op een gladde weg duurt het langer voordat een auto stilstaat. Door een lagere snelheid is de remtijd korter.

B 3

a De componenten van de zwaartekracht zijn:
$F_{z,//} = F_z \cdot \sin\alpha = 28 \times 9{,}81 \times 0{,}500 = 1{,}4 \cdot 10^2$ N (langs de helling naar beneden);
$F_{z,\perp} = F_z \cdot \cos\alpha = 28 \times 9{,}81 \times 0{,}866 = 2{,}4 \cdot 10^2$ N (schuin naar beneden, loodrecht op de helling).
b Op het jongetje werken F_z en F_n.
$F_z = m \cdot g = 28 \times 9{,}81 = 2{,}7 \cdot 10^2$ N
F_n compenseert $F_{z,\perp} \rightarrow F_n = 2{,}4 \cdot 10^2$ N (schuin naar boven, loodrecht op de helling).
c $F_{res} = F_{z,//} = 1{,}4 \cdot 10^2$ N (langs de helling naar beneden).
d De resultante moet dan 0 N zijn; de spierkracht moet $F_{z,//}$ compenseren.
$F_{spier} = 1{,}4 \cdot 10^2$ N (langs de helling naar boven).

B 4

a $s(t) = 4{,}91 \times t^2$ en $v(t) = 9{,}81 \times t$
b $2{,}27 = 4{,}91 \times t^2 \rightarrow t = 0{,}680$ s
c $v(t) = 9{,}81 \times t = 9{,}81 \times 0{,}6799 = 6{,}67$ m/s

R 5

In beide gevallen is het een geheel van onderdelen dat informatie doorgeeft van het ene deelsysteem naar het andere. Bij een elektrisch systeem door elektrische signalen, bij een mechanisch systeem door krachten.

A 6

a Zwaartekracht, normaalkracht, totale wrijvingskracht (lucht- en rolwrijvingskracht) en de spierkracht
b Omdat de snelheid constant is, is de resulterende kracht nul.
c De kracht van het zadel op de fietser

B 7

a 104 km/h = 28,889 m/s $\rightarrow \Delta v = 0 - 28{,}889 = -28{,}9$ m/s
$a = \Delta v / \Delta t = -28{,}889 / 4{,}3 = -6{,}7$ m·s^{-2}
b Tweede wet van Newton: $F = m \cdot a$
c $F_{rem} = m \cdot a = 1{,}10 \cdot 10^3 \times (-6{,}72) = -7{,}4 \cdot 10^3$ N

13.2 Wisselwerking: de derde wet van Newton

A 8

Inwendige kracht

A 9

a Het maakt niet uit.
b Op 30 cm afstand, dus in het midden
c De sledes komen elkaar uit het midden, dichter bij de magneet tegen. Hoewel de krachten op beide sledes weer even groot zijn, verschillen de massa's, en dus de versnellingen.

B 10

a De kracht die uitgeoefend wordt door het wegspuitende water en de spierkracht van de brandweerman. (De zwaartekracht en spierkracht werken in verticale richting.)
b Nee, want deze twee krachten werken beide op hetzelfde voorwerp en compenseren elkaar. Dat doen wisselwerkingskrachten nooit.

A 11

Het kind is een deelsysteem. De kracht van het kind op de moeder betekent volgens de derde wet van Newton een even grote kracht van de moeder op het kind. Op het totale systeem zijn deze twee krachten inwendige krachten. Het nettoresultaat is nul.

A 12

a De kracht die een touw uitoefent op het voorwerp waaraan het vastzit.
b – Een steen hangt aan een touw.
– Wasgoed hangt te drogen aan de waslijn.
c De wisselwerkingskracht is de gewichtskracht van de steen op het touw.

A 13

a Zwaartekracht en spankracht (van het steeltje)
b Beide krachten werken op hetzelfde voorwerp.
c De wisselwerkingkracht van de zwaartekracht is de kracht van de appel op de aarde.
De wisselwerkingkracht van de spankracht is de kracht van de appel op het steeltje (gewichtskracht).

B 14

Op een helling hebben normaalkracht en zwaartekracht niet dezelfde richting. Ze kunnen elkaar dus nooit compenseren.

B 15

a Schematische voorstelling (vierkantje) van een voorwerp waarbij de afmetingen niet van belang zijn. Alle krachten grijpen aan in het midden van het vierkantje.
b Drie: de zwaartekracht F_z, de wrijvingskracht F_w en de normaalkracht F_n
c $F_z = m \cdot g = 9{,}81 \times 5{,}2 = 51$ N
F_w is even groot als de component van de zwaartekracht langs de helling. Deze is $F_w = F_z \times \sin 28 = 24$ N.
F_n is even groot als de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling.
$F_n = F_z \times \cos 28 = 45$ N
d Deze kracht is 51 N.
e Het is de wisselwerkingskracht van de zwaartekracht, dus even groot als de zwaartekracht.

B 16

a Elke motor oefent een kracht uit op de uitlaatgassen naar achteren toe. Volgens de derde wet van Newton oefenen de gassen een even grote maar tegengestelde kracht uit op de motor naar voren toe. De motoren zitten vast aan het vliegtuig dat mee naar voren gaat.
b Kracht van de uitlaatgassen op de motoren
c Kracht van de motoren op de uitlaatgassen
d Het versnellen van het kerosine-luchtmengsel
e De propeller versnelt lucht naar achteren toe. Op de lucht wordt dus door de propeller een kracht naar achteren uitgeoefend. Volgens de derde wet van Newton oefent de lucht op de propeller een even grote naar voren gerichte kracht uit. Het vliegtuig zit aan de propeller vast en versnelt mee naar voren.

B 17

a De snelheid is constant dus de resulterende kracht is nul.
b Op de aanhanger werken twee wrijvingskrachten: de luchtwrijvingskracht en de rolwrijvingskracht. Daarom staat er de totale wrijvingskracht.
c Het deelsysteem 'aanhanger' rijdt ook met constante snelheid. De kracht van de auto op de aanhanger moet de wrijvingskracht compenseren → de kracht van de auto op de aanhanger is ook $0{,}80 \cdot 10^3$ N.
d Volgens de derde wet van Newton is dan de kracht van de aanhanger op de auto ook $0{,}80 \cdot 10^3$ N.
e Omdat ook op de auto een wrijvingskracht werkt (rol- en luchtwrijvingskracht). Deze compenseert in het deelsysteem auto de somkracht van motorkracht en kracht van de aanhanger op de auto. Deze wrijvingskracht is dus $1{,}50 \cdot 10^3 - 0{,}80 \cdot 10^3 = 0{,}70 \cdot 10^3$ N.

A 18

a,b,c –
d Tussen een actie en een reactie zit gewoonlijk een tijdverschil. Bij wisselwerking is dat tijdverschil er niet.

13.3 Beweging: de tweede wet van Newton

A 19

10 km/h = 2,78 m/s
$a = \Delta v / \Delta t = 2{,}78 / 0{,}20 = 13{,}9$ m/s
$F_{res} = m \cdot a \rightarrow F_{res} = 60 \times 13{,}9 = 8{,}3 \cdot 10^2$ N

B 20

a 104 km/h = 28,9 m/s → $\Delta v = 0 - 28{,}9 = -28{,}9$ m/s
$a = \Delta v / \Delta t = -28{,}9 / 4{,}1 = -7{,}05\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
$F_{rem} = m \cdot a = -1{,}10 \cdot 10^3 \times 7{,}05 = -7{,}8 \cdot 10^3$ N
b Gebruik $v_{gem} = (0 + 28{,}9) / 2 = 14{,}44$ m/s
$s_{rem} = v_{gem} \cdot t = 14{,}44 \times 4{,}1 = 59$ m

B 21

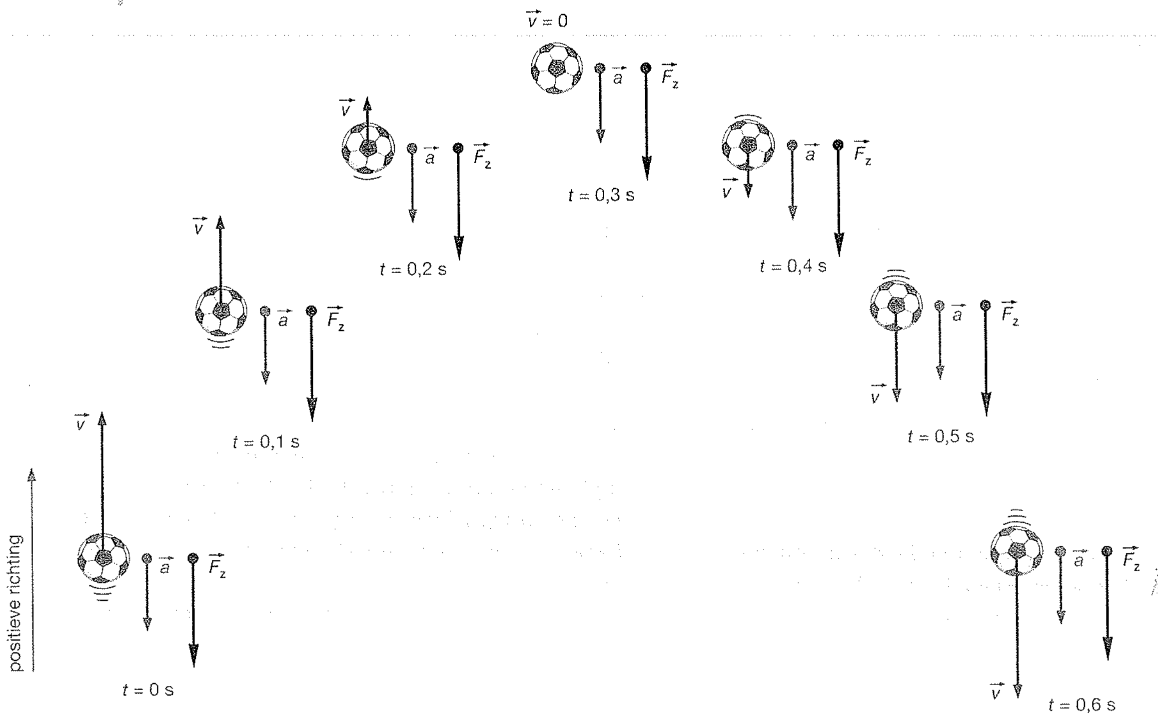
a $F = m \cdot a = m \cdot \Delta v / \Delta t \rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
b $[F] \cdot [\Delta t] = [m] \cdot [\Delta v] \rightarrow [F] \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow [F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

B 22

$a = \Delta v / \Delta t = (-31 - 22) / 0{,}0013 = -4{,}08 \cdot 10^4\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
$F_{res} = m \cdot a = -0{,}200 \times 4{,}08 \cdot 10^4 = -8{,}2 \cdot 10^3$ N
Het minteken geeft aan dat de richtingen van $\vec{a}$ en $\vec{F}_{res}$ tegengesteld zijn aan die van de beginsnelheid. De grootte van F_{res} is dus $8{,}2 \cdot 10^3$ N.

R 23

a Zie figuur 13.1 en de tabel van figuur 13.2.
b De snelheidspijl wordt meestal nog wel goed getekend. Maar mensen hebben het gevoel dat de kracht ook datzelfde patroon volgt. Men denkt: een bepaalde kracht geeft een bepaalde snelheid, in plaats van een bepaalde versnelling. Uiteraard worden dan ook de pijlen van de versnelling verkeerd getekend. Dat is bovendien een nog abstractere grootheid.



13.1

	omhoog	boven	omlaag
v	omhoog gericht, neemt af	gelijk aan nul	omlaag gericht, neemt toe
F	omlaag gericht, constant		
a	omlaag gericht, constant		

13.2

C 24

a De snelheid neemt niet iedere seconde met een vast bedrag toe.

b De motorkracht is niet constant, of de wrijvingskracht wordt steeds groter.

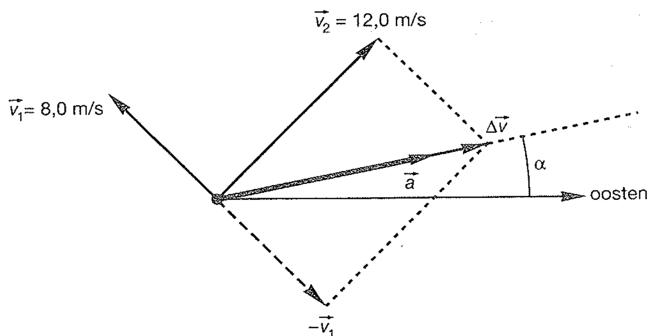
c $F_{gem} = m \cdot a_{gem} = 980 \times 25 / 12{,}0 = 2{,}0$ kN

d $F_{gem} = m \cdot a_{gem} = 980 \times 15 / 3{,}0 = 4{,}9$ kN

B 25

a Zie figuur 13.3.
$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$; opmeten levert $\Delta v = 14{,}4$ m/s onder een hoek α van 11° met het oosten.

b $a = \Delta v / \Delta t = 14{,}4 / 5{,}0 = 2{,}9$ m/s²
De versnelling is in figuur 13.3 getekend op een schaal van 1,0 m/s² ≙ 1,0 cm.



13.3

C 26

a Kies de positieve richting in de vliegrichting.
$a = F_{res} / m = -1{,}32 \cdot 10^5 / 4{,}9 \cdot 10^3 = -27$ m/s²

b $W = \Delta E_k \rightarrow -F_{res} \cdot s = 0 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 \rightarrow$
$-1{,}32 \times 10^5 \times 59 = -\frac{1}{2} \times 4{,}9 \times 10^3 \times v_0^2 \rightarrow v_0 = 56$ m/s

c $a = \Delta v / \Delta t \rightarrow \Delta t = (0 - 56{,}38) / -27 = 2{,}1$ s

B 27

$a_{systeem} = F_{res} / m_{systeem} = 7{,}1 / 1{,}200 = 5{,}92$ m/s² (zie voorbeeld 3 in het leerboek).
Bekijk deelsysteem wagentje 1:
de versnelling $a_1 = a_{systeem} = 5{,}92$ m/s² en $m_1 = 0{,}650$ kg.
Uit de tweede wet van Newton volgt voor deelsysteem 1:
$F_{res,1} = m_1 \cdot a_1 = 0{,}650 \times 5{,}92 = 3{,}848$ N.
De horizontale krachten op wagentje 1 zijn: de trekkracht, de wrijvingskracht en de spankracht.
Voor de resulterende kracht geldt:
$F_{res,1} = F_{trek} - F_{span,1} - F_{w,1}$ 3,85 = 9,3 − $F_{span,1}$ − 1,1 →
$F_{span,1} = 9{,}3 - 1{,}1 - 3{,}848 = 4{,}4$ N

C 28

a $F_{res} = F_{z,C} - F_{z,T} = m_C \cdot g - F_{z,T} = 66 \times 9{,}81 - 620 = 27$ N

b $m_T = F_{z,T} / g = 63{,}2$ kg →
$a = F_{res} / m_{tot} = 27{,}46 / (66 + 63{,}2) = 0{,}21$ m/s²

c $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow t^2 = 2 \cdot s / a = 2 \times 2{,}6 / 0{,}2125 = 4{,}9$ s

d Deelsysteem Tirza: kies positieve richting omhoog.
$F_{res,T} = m_T \cdot a_T \rightarrow F_{span} - F_{z,T} = m_T \cdot a_T$
$F_{span} = m_T \cdot a_T + F_{z,T} = 63{,}2 \times 0{,}2125 + 620 = 6{,}3 \cdot 10^2$ N
Bij gebruik van deelsysteem Carlo krijg je ook
$F_{span} = 6{,}3 \cdot 10^2$ N

13.4 Traagheid: de eerste wet van Newton

A 29

a Het 'verzet' tegen een snelheidsverandering
b Een grote massa betekent ook een grote traagheid.
c Je trekt snel het servet weg.
d Door zijn grote traagheid en de snelle verandering van het servet blijft het glas melk staan.
e Een leeg glas heeft een kleinere massa dus een kleinere traagheid. De snelheidsverandering van het servet heeft meer invloed.

A 30

De grote sneeuwbal heeft een grote traagheid. Daarom kan hij moeilijk van snelheid veranderen en dus moeilijker gestopt worden dan de kleine snelle sneeuwbal.

B 31

Bij constante snelheid is de versnelling is nul, dus is de resulterende kracht gelijk aan nul volgens de tweede wet van Newton.

B 32

Alleen in de verticale richting werken krachten: een zwaartekracht en een ondersteunende kracht uit de vloer op je voeten. In de rijrichting gezien is er geen kracht; je lichaam houdt ten opzichte van de weg dezelfde snelheid. Je valt in de richting van het achterdeel van de bus.
a Je voeten gaan mee met de bus, je lichaam blijft door zijn traagheid achter, je valt achterover.
b Je lichaam kan de snelheidsverandering volgen, er gebeurt niets.
c Je voeten remmen af met de bus, je lichaam blijft door zijn traagheid doorgaan, je valt voorover.
d Er gebeurt niets, je kunt zelfs gewoon lopen.
e Je lichaam kan de snelheidsverandering volgen, er gebeurt niets.

B 33

a De snelheid en de massa
b Kijk op de (▸site).

A 34

a Bij optrekken komen de voorwerpen tegen de achterruit aan; bij het remmen komen ze in je nek.
b Zware voorwerpen hebben bij dezelfde snelheid meer energie dan lichte voorwerpen. Ze verrichten dus meer arbeid en veroorzaken meer schade.
c Bij een botsing van achteren blijft het babyhoofd achter bij het lichaam dat naar voren gaat. Het hoofd moet tegengehouden worden. Een zitje op de achterbank zorgt daarvoor.
d Bij een botsing van voren blijft het babyhoofd bewegen terwijl het lichaam tegengehouden wordt. Een zitje achterstevoren op de voorbank houdt het hoofd tegen.
e Dat hangt af van wat het meest voorkomt: botsingen van achteren of van voren. De statistieken zeggen dat de tweede soort vaker voorkomt dan de eerste, dus zitje omgekeerd op voorbank.

A 35

De *hoofdsteun* voorkomt dat het hoofd van de bestuurder bij een botsing van achteren door zijn traagheid 'achterblijft' bij de auto, die dan naar voren schiet.
De *veiligheidsgordel* zorgt ervoor dat het lichaam over een grotere afstand en langere tijd wordt afgeremd. Daardoor is de remkracht op het lichaam kleiner. Ontbreekt de gordel, dan schiet het lichaam bij een botsing door zijn traagheid naar voren en wordt in zeer korte tijd tegen het stuur afgeremd.
Een *airbag* zorgt voor een langere remtijd en remafstand van het lichaam bij een botsing.

B 36

a Bij snel trekken zal de onderste draad breken.
b Bij langzaam trekken breekt de bovenste draad.
c Snel: de traagheidswet zorgt ervoor dat de kogel blijft hangen. De onderste draad ondervindt de grote kracht en breekt.
Langzaam: de kogel wordt, ondanks zijn traagheid, gedwongen naar beneden te bewegen. Op de bovenste draad werken de spierkracht en de gewichtskracht van de kogel: de draad breekt.

B 37

a De man heeft traagheid, zal zich aanvankelijk verzetten tegen het aannemen van de snelheid van de lift. De man blijft achter ten opzichte van de weegschaal en duwt de weegschaal verder in.
b De lift stijgt verder gelijkmatig en de man ziet zijn 'normale' massa. Bij het afremmen van de lift zal de man met zijn eigen snelheid doorgaan. De lift blijft achter ten opzichte van de man. De man duwt de weegschaal minder in.

B 38

Als je snelheid constant is, hangt het touwtje met het blokje recht naar beneden. Versnel je, dan hangt het blokje naar achter. Vertraag je, dan houdt het blokje zijn snelheid en gaat naar voren vergeleken met je lichaam.

C 39

a Nee, de veer rekt niet uit. Het voorwerp oefent geen kracht uit op de veer en deze rekt ook niet uit.
b Ja, ook in het ruimteschip krijgen voorwerpen een versnelling. Meet hoe lang de kracht werkt en hoe groot Δv wordt. Bereken hoe groot a wordt en pas $F_{res} = m \cdot a$ toe.

13.5 Bewegen met wrijving

A 40

Bij een vrije val verwaarloos je de luchtwrijving, bij een gewone val niet.

A 41

a Valtijden zijn gelijk.
b Valtijden zijn gelijk.
c Valtijden zijn gelijk.
d Valtijden verschillen.
e Valtijden zijn gelijk.

B 42

a Met een veerunster de zwaartekracht bepalen en met een balans de massa. De valversnelling is F_z / m.
Een voorwerp laten vallen en een plaats,tijd-diagram maken. Van dit plaats,tijd-diagram een snelheid,tijd-diagram maken en dan de versnelling uit de steilheid bepalen.
Plaats en tijd meten en met $s = \frac{1}{2}\,g \cdot t^2$ de valversnelling berekenen.

b Mercurius en Mars ($g = 3{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$). (Pluto wordt tegenwoordig niet meer tot de planeten gerekend.)

B 43

a Ja, als het propje nog niet beweegt, is er nog geen luchtwrijving.

b Nee, de zwaartekracht is nooit nul.

c Ja. De versnelling tussen 0 en 0,1 s is $9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. (Dit is de steilheid in figuur 13.34 uit het leerboek op t = 0,1 s.) Dit betekent dat de luchtwrijving nog te verwaarlozen is.

d Ja. F_{res} = 0 want de snelheid verandert niet. F_{res} bestaat uit de zwaartekracht en de luchtwrijvingskracht. Die zijn tegengesteld en even groot.

A 44

De functie van een spoiler is te zorgen voor minder wrijving door een betere stroomlijn. Dan wordt de luchtweerstandskracht kleiner.

C 45

a Z valt over een grotere afstand dan L en het touw staat strak.

b Z wordt afgeremd; L gaat sneller.

c Door het strakke touw bewegen de delen Z en L met dezelfde snelheid. Die snelheid is kleiner dan de snelheid die Z alleen zou hebben en groter dan de snelheid die L alleen zou hebben.

d Dit stelsel is zwaarder dan Z alleen. Die snelheid is kleiner (volgens het vorige antwoord) dan die van Z alleen. Maar het uitgangspunt was dat zwaardere voorwerpen sneller zouden vallen.
Aristoteles' stelling spreekt zichzelf tegen en is dus onjuist.

B 46

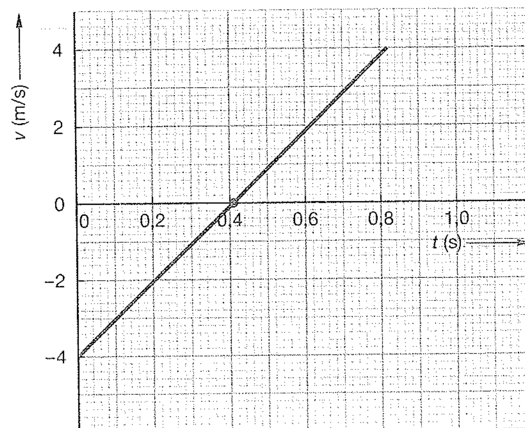
a $E_k \rightarrow E_z \rightarrow E_k$
De E_k in het begin gaat in zijn geheel over in E_z in het hoogste punt (daar is E_k = 0).
Bij het weer opvangen is alle E_z omgezet in E_k.
Dus $E_{k,eind} = E_{k,begin} \rightarrow v_{eind} = v_{begin}$

b $v(t) = g \cdot t$; kies de richting naar beneden positief.
Pas dit toe op de beweging naar beneden met het hoogste punt als startpunt.
$4{,}0 = 9{,}81 \times t \rightarrow t = 0{,}41$ s

c De gegeven massa is overbodig.

d Bij het omhooggaan en naar beneden komen werkt dezelfde zwaartekracht. Volgens $F_{res} = m \cdot a$ is dan a even groot en wel $9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Op weg naar boven neemt de snelheid af van 4,0 m/s naar 0.
$a = \Delta v / \Delta t$, $a = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\Delta v = 4{,}0 - 0 = -4$ m/s $\rightarrow$ $\Delta t = 0{,}41$ s
De duur van de hele beweging is 0,41 + 0,41 = 0,82 s.

e Zie figuur 13.4. De positieve richting is naar beneden genomen.



13.4

C 47

De tijdsduur tussen twee stuiteringen is 1,8 s. De tijdsduur om omlaag te vallen is gelijk aan de tijdsduur om omhoog te gaan en dus 0,9 s. De versnelling is $9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.
De snelheid aan het eind na het vallen bereken je met:
$v(t) = g \cdot t \rightarrow v = 0{,}9 \times 9{,}81 = 9$ m/s

C 48

a De positieve richting is omhoog gekozen, de zwaartekracht wijst naar beneden, dus deze is negatief.

b **a = g**

c Dan kun je niet makkelijk het effect van een wrijvingskracht onderzoeken.

d **h** = 0

e als **h** < 0 dan stop eindals

f De snelheid neemt af omdat de uitkomst van a*dt negatief is.

g (1.1) **Fw** = 0,15***Fz**
(3) **Fres** = – **Fz** – **Fw**
(3.1) als **v** < 0 dan **Fres** = – **Fz** + **Fw** eindals

C 49

a De valversnelling is de steilheid van de grafiek in het v,t-diagram. In de eerste 1,5 seconde is de steilheid:
$a = \Delta v / \Delta t = 15 / 1{,}5 = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.
$F_{res} = m \cdot a \rightarrow F_{res} = 2{,}1 \times 10 = 21$ N

b Voor F_z geldt: $F_z = m \cdot g = 2{,}1 \times 9{,}81 = 21$ N
F_{res} = 21 N (vraag a) $\rightarrow$ F_w = 0: de luchtweerstand is te verwaarlozen.

c 100 km/h = 28 m/s

d F_{res} = 0, F_z = 21 N De tegenwerkende kracht van de luchtweerstand compenseert volledig F_z en is dus 21 N.

e Dan heeft de kat de tijd om in de juiste positie te draaien. De snelheid wordt niet groter als hij van een hogere verdieping valt.

B 50

a $C_w = 2 \cdot F_w / (A \cdot \rho \cdot v^2)$

b $[C_w]$ = 1 dus geen eenheid (daarom ook coëfficiënt!)

c $k = \frac{1}{2} \cdot C_w \cdot A \cdot \rho = \frac{1}{2} \times 0{,}44 \times 25 \cdot 10^{-4} \times 1{,}293 = 7{,}1 \cdot 10^{-4}$ kg/m

C 51

Kijk op de (▸site).

B 52

Kijk op de (▸site).

13.6 Gravitatie: de vierde wet van Newton

A 53

De zwaarteconstante, gravitatieversnelling en valversnelling zijn synoniemen voor g. Voor de aarde als geheel geldt: $g = 9{,}8\ m/s^2$. Je berekent met g de zwaartekracht.
De gravitatiecontante $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$. Je berekent met G de gravitatiekracht. Omdat G zo klein is, merk je alleen iets van de gravitatiekracht bij heel kleine afstanden of heel grote massa's.

A 54

a $F_g = G \cdot M \cdot m / r^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 0{,}100 \times 0{,}100 / 0{,}10^2 = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N
b $F_g = G \cdot M \cdot m / r^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 40 \times 60 / 0{,}50^2 = 6{,}4 \cdot 10^{-7}$ N
c $F_g = G \cdot M \cdot m / r^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 3{,}0 \cdot 10^{-26} \times 3{,}0 \cdot 10^{-26} / (0{,}10 \cdot 10^{-6})^2 = 6{,}0 \cdot 10^{-48}$ N

B 55

a $F_g = G \cdot m_A \cdot m_M / r^2_{AM} = 6{,}6726 \cdot 10^{-11} \times 5{,}976 \cdot 10^{24} \times 0{,}0735 \cdot 10^{24} / (384{,}4 \cdot 10^6)^2 = 1{,}98 \cdot 10^{20}$ N
b 16
c $g_J = 24{,}9\ m/s^2$
$F_g = F_z \rightarrow G \cdot m_{planeet} \cdot m / R^2_{planeet} = m \cdot g \rightarrow$
$g = G \cdot m_{planeet} / R^2_{planeet} \rightarrow$
$24{,}9 = 6{,}6726 \cdot 10^{-11} \times m_{planeet} / (71{,}40 \cdot 10^6)^2 \rightarrow$
$m_{planeet} = 1{,}90 \cdot 10^{27}$ kg

B 56

a $m_A = \rho_A \cdot V_A$ met $V_A = {}^4/_3\pi \cdot r^3 = {}^4/_3\pi \times (6{,}38 \cdot 10^6)^3 = 1{,}09 \cdot 10^{21}\ m^3$;
$m_A = 5{,}5 \cdot 10^3 \times 1{,}09 \cdot 10^{21} = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg
b Op het aardoppervlak geldt: $F_g = F_z \rightarrow$
$G \cdot m \cdot M / R^2 = m \cdot g \rightarrow$
$M = g \cdot R^2 / G = 9{,}8 \times (6{,}38 \cdot 10^6)^2 / 6{,}67 \cdot 10^{-11} = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg
c $V_A = 1{,}09 \cdot 10^{21}\ m^3$; $\rho = m / V = 6{,}0 \cdot 10^{24} / 1{,}09 \cdot 10^{21} = 5{,}5 \cdot 10^3\ kg/m^3$
d $F_g = G \cdot m \cdot M / r^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 20 \times 6{,}0 \cdot 10^{24} / (6{,}78 \cdot 10^6)^2 = 17$ N. Volgens de wisselwerkingswet is de kracht van de steen op de aarde ook 17 N.
e $a = F_g / m = 17 / 6{,}0 \cdot 10^{24} = 2{,}9 \cdot 10^{-24}\ m/s^2$

C 57

a $r_A + r_M = 384{,}4 \cdot 10^6\ m = 3{,}844 \cdot 10^8$ m
b $F_{g,M\ op\ R} = F_{g,A\ op\ R} \rightarrow G \cdot m_M \cdot m_R / r^2_M = G \cdot m_A \cdot m_R / r^2_A \rightarrow$
$m_M / r^2_M = m_A / r^2_A \rightarrow r^2_M / r^2_A = m_M / m_A \rightarrow$
$r_M / r_A = \sqrt{(m_M/m_A)} = \sqrt{(0{,}0735/5{,}976)} = 0{,}111$
c In P: $r_A + r_M = 3{,}844 \cdot 10^8 \rightarrow r_A + 0{,}111 \times r_A = 3{,}844 \cdot 10^8 \rightarrow$
$1{,}111 \times r_A = 3{,}844 \cdot 10^8 \rightarrow r_A = 3{,}460 \cdot 10^8$ m
d $r_M = 3{,}844 \cdot 10^8 - 3{,}460 \cdot 10^8 = 0{,}384 \cdot 10^8\ m = 3{,}84 \cdot 10^7$ m
$h_M = r_M - R_M = 3{,}84 \cdot 10^7 - 1{,}738 \cdot 10^6 = 3{,}67 \cdot 10^7$ m

C 58

a $g = G \cdot M / r^2 \rightarrow$
$r^2 = G \cdot M / g = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 5{,}976 \cdot 10^{24} / 4{,}905 \rightarrow$
$r = 9{,}015 \cdot 10^6$ m
$h = r - R = 9{,}015 \cdot 10^6 - 6{,}378 \cdot 10^6 = 2{,}6 \cdot 10^6$ m
b $v = s / t = 2\pi \cdot r / t \rightarrow$
$t = 2\pi \cdot r / v = 2\pi\ (6{,}378 \cdot 10^6 + 4{,}000 \cdot 10^6) / 6200 = 1{,}1 \cdot 10^4\ s = 2{,}9$ h
c $F_g = G \cdot M \cdot m / r^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \times 5{,}976 \cdot 10^{24} \times 550 / (10{,}378 \cdot 10^6)^2 = 2{,}0 \cdot 10^3$ N

R 59

Het zwaarteveld van de aarde is de ruimte in de buurt van het aardoppervlak. De zwaarteconstante (= valversnelling) is constant.
Het gravitatieveld is de totale ruimte om de aarde. De zwaarteconstante (= valversnelling) neemt af met de afstand tot het middelpunt. Je kunt zeggen dat een zwaarteveld het lokale gravitatieveld is bij het aardoppervlak. Of het zwaarteveld is het gravitatieveld met als afstand de aardstraal.

13.7 Wetten en regels

B 60

a WAK: $-F \cdot s = 0 - ½m \cdot v^2_{begin}$
$-F \times 0{,}10 = ½ \times 50 \cdot 10^3 \times 1{,}0^2 \rightarrow F = 2{,}5 \cdot 10^5$ N
b $F_{res} = m \cdot a \rightarrow 2{,}5 \cdot 10^5 = 50 \cdot 10^3 \times a \rightarrow a = 5{,}0\ m \cdot s^{-2}$
$a = \Delta v / \Delta t \rightarrow -5{,}0 = (0 - 1) / \Delta t \rightarrow \Delta t = 0{,}20$ s

C 61

a $E_{tot,boog} = E_{tot,pijl} \rightarrow E_v = E_k$
$300 = ½ \times 0{,}020 \times v^2 \rightarrow v = 1{,}7 \cdot 10^2$ m/s
b Kinetische energie vóór: 300 J
Kinetische energie na: $½m \cdot v^2 = ½ \times 0{,}103 \times 33^2 = 56$ J
c Een deel van de kinetische energie (244 J) wordt omgezet in warmte.

C 62

WBE: $E_{tot,kanon} = E_{tot,grond} \rightarrow E_{z,kanon} + E_{k,kanon} = E_{k,grond}$
$m \cdot g \cdot h + ½m \cdot v^2_{kanon} = ½m \cdot v^2_{grond}$
[delen door m en vermenigvuldigen met 2]
$v^2_{grond} = 2 \cdot g \cdot h + v^2_{kanon} = 2 \times 9{,}81 \times 2{,}0 + 4{,}0^2 = 39{,}2 + 16 = 55{,}2$
$v_{grond} = 7{,}4$ m/s

C 63

a WBE: $(E_k + E_z)_{vóór} = (E_k + E_z)_{na}$
$0 + m \times 9{,}81 \times 3{,}0 \cdot 10^3 = ½m \cdot v^2_{grond}$
$v_{grond} = 2{,}4 \cdot 10^2$ m/s
b In de vrije val is $a = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$
$a = \Delta v / \Delta t \rightarrow \Delta t = 2{,}426 \cdot 10^2 / 9{,}81 = 25$ s
c De kogel heeft op de grond een kinetische energie gelijk aan $½ \times 0{,}025 \times 100^2 = 125$ J
De zwaarte-energie op 3,0 km hoogte is $0{,}025 \times 9{,}81 \times 3{,}0 \cdot 10^3 = 736$ J
De warmte die onderweg is ontstaan is gelijk aan 736 – 125 = 611 J
Voor de arbeid die de wrijvingskracht verricht heeft geldt: $Q = |W| = F_w \cdot s$):
$|W| = |F_w \cdot h| \rightarrow |-611| = 611 = F_w \times 3{,}0 \cdot 10^3 \rightarrow F_w = 0{,}20$ N

d Er werkt op de kogel een kracht uit het hout, F_{hout}, die afremt en naar boven is gericht.
Pas de WAK toe: $W = \Delta E_k$
$-F_{res} \cdot s = 0 - ½m \cdot v^2_{begin}$
$-F_{res} \times 0{,}45 = -½ \times 0{,}025 \times 100^2 \rightarrow F_{res} = 2{,}8 \cdot 10^2$ N
$F_{res} = F_{hout} - F_z = F_{hout} - 0{,}025 \times 9{,}81 \rightarrow F_{hout} = 2{,}8 \cdot 10^2$ N

C 64

Analyse
De tijdsduur kun je berekenen uit $a = \Delta v / \Delta t$ óf uit $s = ½a \cdot t^2$.
De versnelling a bereken je met $F_{res} = m \cdot a$.
F_{res} is gelijk aan de component van de zwaartekracht verminderd met de wrijvingskracht.
De snelheid en dus Δv bereken je met:
$W_{tot} = ½m \cdot v_2^2 - ½m \cdot v_1^2$ en $W_{tot} = F_{res} \cdot s \cdot \cos \alpha$

Berekening
Langs het vlak is de component $F_{z,/\!/} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
$F_{z,/\!/} = 0{,}250 \times 9{,}81 \times \sin 53 = 1{,}959$ N
$F_{res} = F_{z,/\!/} - F_w = 1{,}339$ N

$W_{tot} = F_{res} \cdot s \cdot \cos \alpha$
$W_{tot} = 1{,}339 \times 1{,}20 \times 1 = 1{,}607$ J

$W_{tot} = ½m \cdot v_2^2 - ½m \cdot v_1^2$
$1{,}607 = (½m \cdot v_2^2) - 0$
$½m \cdot v_2^2 = 1{,}607$ J $\rightarrow v_2 = v = 3{,}585$ m/s
$F_{res} = m \cdot a \rightarrow a = 5{,}36$ m·s^{-2}
$a = \Delta v / \Delta t$, $\Delta v = 3{,}585 - 0 = 3{,}585 \rightarrow \Delta t = 0{,}67$ s
óf
$t^2 = 2 \cdot s / a = 2 \times 1{,}2 / 5{,}36 = 0{,}4478 \rightarrow t = 0{,}67$ s

B 65

a $F_{rem} = 0{,}60 \times 900 \times 9{,}81 = 5{,}8 \cdot 10^3$ N en
$E_k = ½m \cdot v^2 = ½ \times 900 \times (90/3{,}6)^2 = 3{,}1 \cdot 10^5$
WAK: $W_{tot} = ½m \cdot v_2^2 - ½m \cdot v_1^2 \rightarrow F_{rem} \cdot s = 0 - ½m \cdot v^2 \rightarrow$
$s = 3{,}1 \cdot 10^5 / 5{,}8 \cdot 10^3 = 53$ m. Dit is meer dan de 40 m afstand tot de kist, dus meneer Faassen botst op de kist.
b $W_{over\ 40\ m} = -F_{rem} \cdot s = -5{,}8 \cdot 10^3 \times 40 = -2{,}3 \cdot 10^5$ N·m
$W_{tot} = ½m \cdot v_2^2 - ½m \cdot v_1^2 \rightarrow$
$-2{,}3 \cdot 10^5 = ½ \times 900 \times v_2^2 - 3{,}1 \cdot 10^5 \rightarrow v_2 = 13$ m/s

C 66

a $F_{spier} = F_z \rightarrow P = W / t = F_{spier} \cdot s / t = m \cdot g \cdot s / t =$
$50 \times 9{,}81 \times 10 / 20 = 2{,}5 \cdot 10^2$ W
b $E_{tot} = 4 \cdot E_z = 4 \cdot m \cdot g \cdot h = 4 \times 50 \times 9{,}81 \times 10 = 2{,}0 \cdot 10^4$ J
Per 100 g krijg je 325 kJ $\rightarrow$ per g 3,25 kJ.
$m = E / 3{,}25 \cdot 10^3 = 2{,}0 \cdot 10^4 / 3{,}25 \cdot 10^3 = 6{,}1$ g
c WBE: $½m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \rightarrow ½v^2 = 9{,}81 \times 10 \rightarrow v = 14$ m/s
d Massa valt weg en heeft dus geen invloed $\rightarrow$ ook 14 m/s.
e Met de stelling van Pythagoras volgt BC = 26 m.
$W_w = -F_w \cdot s_w = 100 \times 26 = 2{,}6 \cdot 10^3$ N·m
$W_z = F_z \cdot s_z = 40 \times 9{,}81 \times 10 = 3{,}9 \cdot 10^3$ N·m
WAK: $W_{tot} = ½m \cdot v^2 \rightarrow (3{,}9 \cdot 10^3 - 2{,}6 \cdot 10^3) = ½ \times 40 \times v^2 \rightarrow$
$v = 8{,}1$ m/s
f 18 km/h = 5,0 m/s $\rightarrow$
$E_{k,plank} = ½m \cdot v^2 = ½ \times 50 \times 5{,}0^2 = 625$ J
$E_{z,plank} = m \cdot g \cdot h = 4{,}9 \cdot 10^3$ J
WBE:
$E_{water} = E_{tot,plank} \rightarrow ½ \times 50 \times v^2_{water} = 4{,}9 \cdot 10^3 + 625 \rightarrow$
$v_{water} = 15$ m/s

C 67

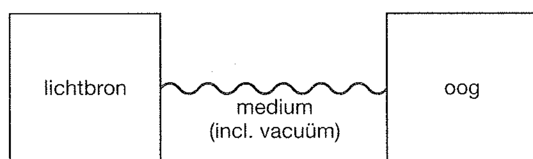
a Bal A ligt stil en bal B gaat bewegen.
b Kijk op de (▸site).
c Eén bal aan het andere uiteinde gaat bewegen.
d De laatste twee ballen gaan bewegen.
e $F_{A\ op\ B} = -F_{B\ op\ A}$
f $F_{A\ op\ B} \cdot \Delta t = -F_{B\ op\ A} \cdot \Delta t$
g $m_B \cdot a_B \cdot \Delta t = -m_A \cdot a_A \cdot \Delta t$ met $a = \Delta v / \Delta t$
$m_B \cdot (\Delta v_B / \Delta t) \cdot \Delta t = -m_A \cdot (\Delta v_A / \Delta t) \cdot \Delta t$
$m_B \cdot \Delta v_B = -m_A \cdot \Delta v_A$
$m_B \cdot (v_B - 0) = -m_A \cdot (v_{A,na} - v_A) \rightarrow$
$m_B \cdot v_B = = -m_A \cdot v_{A,na} + m_A \cdot v_A \rightarrow$
$m_A \cdot v_A = m_A \cdot v_{A,na} + m_B \cdot v_B$
h WBE: $E_{tot,vlak\ voor} = E_{tot,vlak\ na}$
$½m_A \cdot v^2_A = ½m_A \cdot v^2_{A,na} + ½m_B \cdot v^2_B$
$m_A \cdot v^2_A = m_A \cdot v^2_{A,na} + m_B \cdot v^2_B$
i $v_A = v_{A,na} + v_B$
$v^2_A = v^2_{A,na} + v^2_B$
j Vul de eerste vergelijking in de tweede vergelijking:
$(v_{A,na} + v_B)^2 = v^2_{A,na} + v^2_B$
$v^2_{A,na} + 2 \cdot v_{A,na} \cdot v_B + v^2_B = v^2_{A,na} + v^2_B$
$2 \cdot v_{A,na} \cdot v_B = 0$
Dat wil zeggen $v_B = 0$ (situatie vlak voor de botsing) en
$v_{A,na} = v_A$
of
$v_{A,na} = 0$ (situatie vlak na de botsing) en $v_B = v_A$

14 Licht

14.1 Inleiding

A 1

Zie figuur 14.1.



14.1

A 2

Lichtstralen die naar elkaar toe lopen (convergente bundel) en lichtstralen die evenwijdig aan elkaar lopen (evenwijdige bundel)

A 3

Fototoestel, videocamera, kopieerapparaat, mobiele telefoon met ingebouwde camera

A 4

Een zwakke lens buigt het licht minder af dan een sterke lens; een zwakke lens is minder hol of bol dan een sterke lens.

B 5

a Bijziend
b Iemand die *bij*ziend is, kan goed dicht*bij* zien, maar vanaf een paar meter ziet hij alles wazig en onscherp.
c Een brandend voorwerp op een paar meter afstand heeft hij niet gezien. Of hij heeft niet goed uitgekeken waardoor op een wat grotere afstand brand ontstond. Het komt in geen geval doordat hij zijn bril verloor!

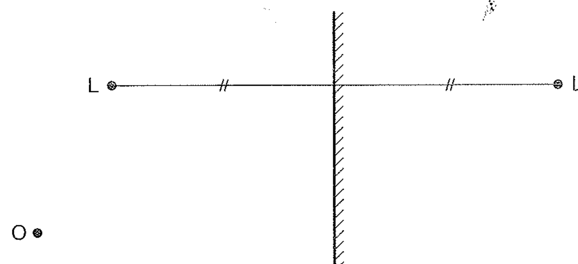
14.2 Spiegels en lenzen

A 6

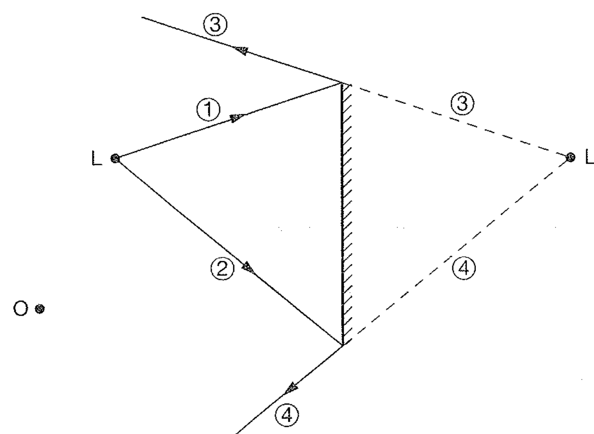
Eén(!)

A 7

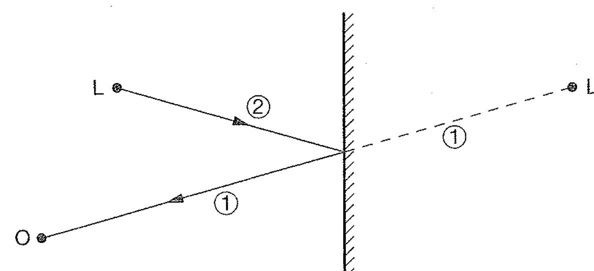
a Zie figuur 14.2a. Het spiegelbeeld ligt symmetrisch met de spiegel als spiegellijn.
b Zie figuur 14.2b. De lichtstralen lijken vanuit het spiegelbeeld L' te vertrekken.
c Zie figuur 14.2c. Teken eerst de lichtstraal vanuit L' door O. Dan de lichtstraal vanuit L naar het snijpunt met de spiegel.



14.2a



14.2b



14.2c

B 8

a Voor de afgelegde afstand geldt de formule $s = v \cdot t$.
Het licht legt de afstand aarde – maan S_{AM}, twee keer af in die tijdsduur.
$2 \times s_{AM} = 2{,}422 \times 2{,}998 \cdot 10^8 = 7{,}261 \cdot 10^8$ m →
$s_{AM} = 3{,}631 \cdot 10^8$ m

b (▸binas) tabel 31: aardstraal = $6{,}378 \cdot 10^6$ m en afstand aarde - maan = $384{,}4 \cdot 10^6$ m
Volgens de Grieken was de afstand aarde - maan: $60 \times 6{,}378 \cdot 10^6 = 3{,}8268 \cdot 10^8$ m. Ze zaten er

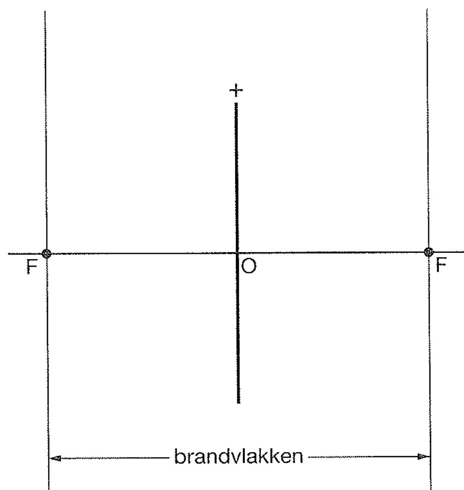
$$\frac{384{,}4 \cdot 10^6 - 3{,}8268 \cdot 10^8}{384{,}4 \cdot 10^6} \times 100\% = 0{,}45\% \text{ naast.}$$

A 9

a Zoals figuur 14.10 in het leerboek, met OF = 4,5 cm
b Zoals figuur 14.11 in het leerboek, met OF = 3,0 cm
c Een bolle (positieve) lens
d Een holle (negatieve) lens
e Een holle (negatieve) lens
f Een bolle (positieve) lens

A 10

a Zie figuur 14.3.
b Een denkbeeldige lijn door het optisch midden, niet samenvallend met de hoofdas.
c Teken de bijas door het bijbrandpunt en optisch midden. Alle lichtstralen lopen vóór convergeren evenwijdig aan deze bijas.



14.3

R 11

Een bundel wordt minder convergent: Een evenwijdige bundel wordt divergent. Een divergente bundel wordt sterker divergent. Een convergente bundel wordt minder convergent en kan afhankelijk van de sterkte van de lens evenwijdig of zelfs divergent worden.

C 12

a Zonlicht wordt gebundeld (= geconvergeerd) door een positieve lens of een holle spiegel.
b Satellietontvangers, de binnenkant van je voorlamp van je fiets, een scheerspiegel
c De zon, de spiegel en de boot liggen in één lijn. Daardoor lijkt het of het hier om een positieve (dus bolle) lens gaat die het zonlicht convergeert in één (brand)punt. Dat zou een heel zwakke lens zijn (f = 2000 m). Het zonlicht wordt door een holle spiegel teruggekaatst. Dat betekent dat zon en boot zich aan dezelfde kant van de spiegel moeten bevinden. Misschien zie je zelf nog meer voorbeelden van het ontbreken van perspectief.

B 13

Kijk op de (▸site).

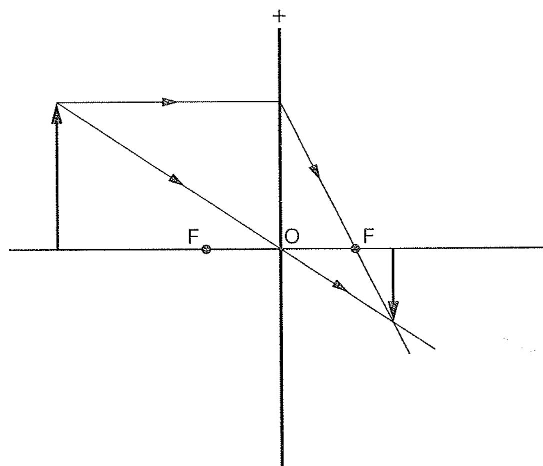
14.3 Lensbeelden

A 14

a Een beeld is altijd scherp, een afbeelding niet.
b De trui weerkaatst uit het (zon)licht de groene kleur naar alle kanten en absorbeert alle andere kleuren. Het groene licht komt in het oog: de trui is groen.
c Als de lichtbron geen ongekleurd licht geeft, maar bijvoorbeeld rood licht, zie je een zwarte trui.
d Diffusie in diffuse terugkaatsing betekent terugkaatsing in alle richtingen; dispersie betekent kleurscheiding.

B 15

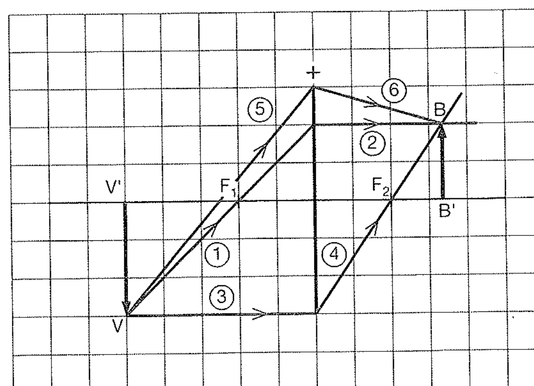
a Zie figuur 14.4.
b Opmeten geeft: b = 1,5 cm.
c Opmeten geeft: hoogte beeld = 1,0 cm.



14.4

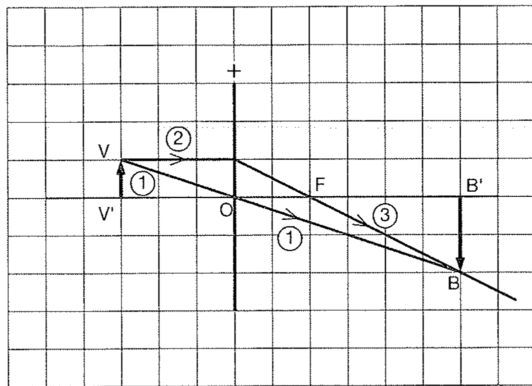
B 16

a Zie figuur 14.5a. Trek twee constructiestralen: één uit V naar het optische midden (1) en één uit V evenwijdig aan de hoofdas (3).
b = 1,7 cm en hoogte beeld = 1,0 cm
De bundel tussen de stralen 4 en 6 is het antwoord.



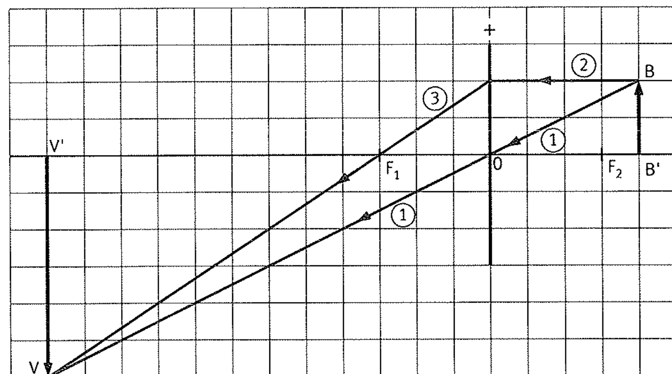
14.5a

b Zie figuur 14.5b. Trek de straal uit V naar B (1) en bepaal O (het optische midden).
Trek de straal uit V evenwijdig aan de hoofdas (2).
Antwoord: f = 1,0 cm



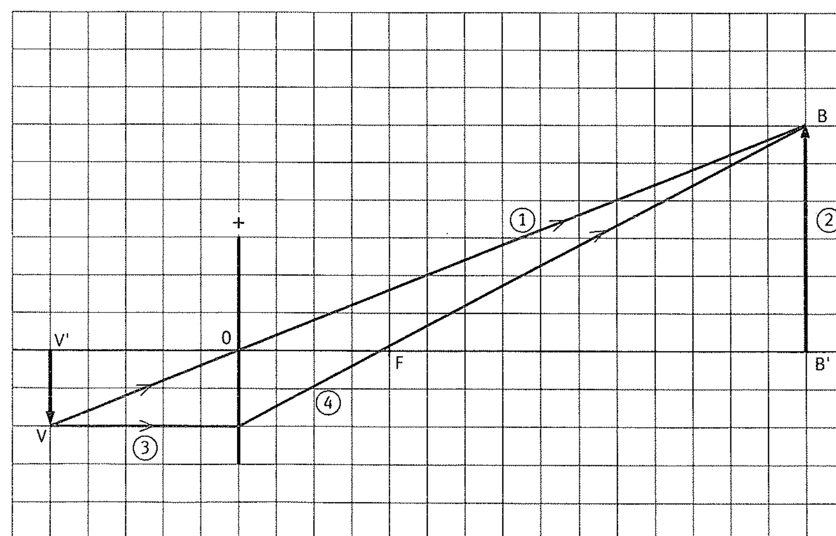
14.5b

c Zie figuur 14.5c. Gebruik het *omkeringsprincipe.* Trek uit B een straal door O (1) en evenwijdig aan de hoofdas (2).
Antwoord: v = 6,0 cm



14.5c

d Zie figuur 14.5d. Trek de straal uit V door O (1). Bepaal op deze lijn het punt B dat 3,0 cm boven de hoofdas ligt (VV' = 1,0 cm en N = 3).
Trek dan de straal uit V evenwijdig aan de hoofdas (3).
Antwoord: b = 7,5 cm en f = 1,9 cm



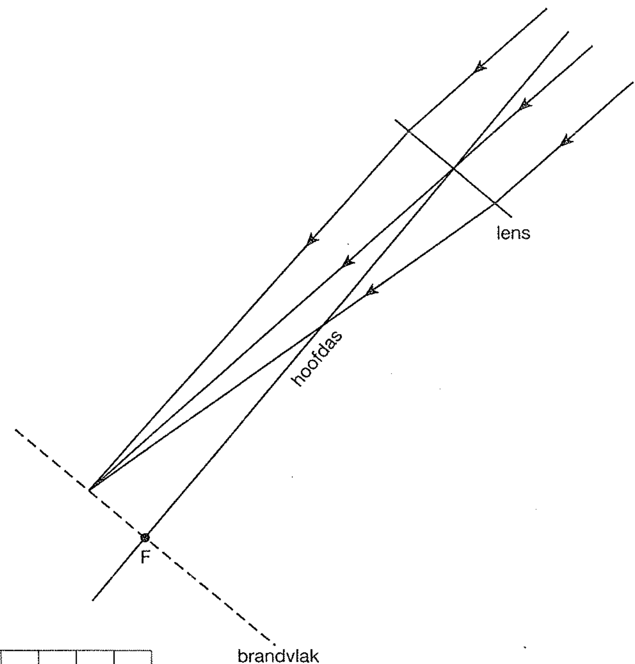
14.5d

B 17

Het voorwerp moet zich tussen 1× en 2× de brandpuntsafstand van de lens bevinden.

C 18

a Lens A is het minst gekromd, het minst bol. Lens A heeft een kleine convergerende werking en heeft dus de grootste brandpuntsafstand.
b Jupiter staat zo ver weg van de aarde dat je de bundel op de lens evenwijdig mag noemen.
c De middelste lichtstraal gaat over een bijas. Deze snijdt het brandvlak in het bijbehorende bijbrandpunt. Zie figuur 14.6.
d Als v heel groot is, vallen er praktisch evenwijdige bundels op de lens. Een evenwijdige bundel wordt samengebracht in het brandpunt. Dus wordt het hele beeld van Jupiter in het brandvlak gevormd.
e $N = f / v = 38 / 7{,}0\cdot10^{11} = 5{,}43\cdot10^{-11}$
$VV^*_{jup} = BB^*_{jup} / N = 0{,}78\cdot10^{-2} / 5{,}43\cdot10^{-11} = 1{,}436\cdot10^{8}$ m
Dit is de diameter; de straal is de helft = $7{,}2\cdot10^{7}$ m.
f Hoe groter f, des te groter is de vergroting N. Een grotere N betekent een grotere diameter van het beeld. Dat geeft nauwkeuriger waarnemingen.



14.6

B 19

a Grootte ten opzichte van het origineel; de wel of niet omkering ten opzichte van het origineel; het type beeld: virtueel of reëel
b Zie de volgende tabel.
c Kijk op de (▸site).

positie voorwerp	vergroot / verkleind / even groot	rechtopstaand / omgekeerd	virtueel / reëel / geen beeld
$v < f$	vergroot	rechtopstaand	virtueel
$v = f$	geen beeld	geen beeld	geen beeld
$f < v < 2f$	vergroot	omgekeerd	reëel
$v = 2f$	even groot	omgekeerd	reëel
$v > 2f$	verkleind	omgekeerd	reëel

14.4 Rekenen aan lenzen

A 20

a $S_A = 1 / f_A = 1 / 4{,}0 = 2{,}5 \cdot 10^{-1}$ dpt (= 0,25 dpt)
b $f_B = 1 / S_B = 1 / 4{,}2 = 2{,}4 \cdot 10^{-1}$ m (= 0,24 m)
c $S_A < S_B$ (of $f_A > f_B$) dus lens B is sterker dan lens A.

B 21

a $S_C = 1 / f_C = 1 / -0{,}32 = -3{,}1$ dpt
b $f_D = 1 / S_D = 1 / -0{,}12 = -8{,}3$ m
c $S_C > S_D$ (of $f_C < f_D$) dus lens C is sterker dan lens D.

B 22

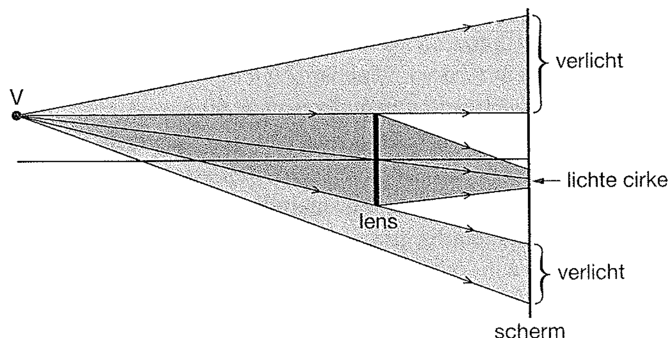
a De lenzenformule luidt: $S = \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

We schrijven dit hier voortaan zonder horizontale breukstrepen:
$1 / v + 1 / b = S$ of $1 / v + 1 / b = 1 / f$ (al naargelang de vraag) →
$1 / b = S - 1 / v = 2{,}5 - 1 / 0{,}92 = 1{,}413 \rightarrow b = 0{,}71$ m
Vergroting: $N = |b / v| = 0{,}7077 / 0{,}92 = 0{,}77$
Grootte beeld = $N \times$ grootte voorwerp = $0{,}7692 \times 1{,}4$ = 1,1 cm

b $N = b / v = 3 \rightarrow b = 3 \cdot v$
Lenzenformule: $1 / v + 1 / 3v = S \rightarrow$
$3 / 3v + 1 / 3v = 2{,}5 \rightarrow 4 / 3v = 2{,}5 \rightarrow$
$7{,}5v = 4 \rightarrow v = 4 / 7{,}5 = 0{,}53$ m

B 23

a $S = 1 / v + 1 / b = 1 / 0{,}22 + 1 / 0{,}075 = 18$ dpt
b Stel het lichtpunt als punt van een 2,5 cm lange pijl vanaf de hoofdas.
Deze wordt afgebeeld met $N = |b / v| = 7{,}5 / 22 = 0{,}341$. Het beeld van deze pijl is $0{,}341 \times 2{,}5 = 0{,}85$ cm lang. Dat is ook de afstand van het beeld tot de hoofdas.
c Zie figuur 14.7. Een deel van het licht van de bron dat niet op de lens valt, komt wel op het scherm. Vooral als de lens niet te groot en het scherm niet te klein is.



14.7

B 24

a Reëel beeld → $N = |b / v| = 6 \rightarrow b = 6v$; $b + v = 30$ met $b = 6v$ volgt: $6v + v = 30 \rightarrow 7v = 30 \rightarrow v = 4{,}3$ cm.
De lens moet op 4,3 cm van het voorwerp geplaatst worden.
b Omkeringsprincipe:
b en v omkeren: $b = 30 - 4{,}3 = 25{,}7$ cm.
Nu wordt $v = 25{,}7$ cm. De lens moet $25{,}7 - 4{,}3 = 21{,}4$ cm van het voorwerp af verschoven worden.
c Omkeringsprincipe: $N = 1 / 6$
De gloeidraad wordt als een draad van $1{,}2 / 6 = 0{,}20$ cm afgebeeld.

B 25

a Lenzenformule: $v = 6$ m; $f = 55$ mm;
$1 / b = 1 / 0{,}055 - 1 / 8 = 18{,}06 \rightarrow$
$b = 0.0558$ m (= 55,8 mm); dus bijna even groot als f.
b Reëel beeld: $N = |36 / 30000| = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ en
$N = |b / v| = f / v \rightarrow$
$v = f / 1{,}2 \cdot 10^{-3} = 55 \cdot 10^{-3} / 1{,}2 \cdot 10^{-3} = 46$ m
De afstand tot de kerktoren moet 46 m zijn.
c De voorwerpafstand wordt kleiner. Uit de lenzenformule volgt dat de beeldafstand groter moet worden bij dezelfde lenssterkte. De afstand tussen lens en fotorolletje moet dus groter worden.
d $v = 15$ cm en $f = 55$ mm = 5,5 cm
Lenzenformule: $1 / b = 1 / f - 1 / v = 1 / 5{,}5 - 1 / 15 = 0{,}182 - 0{,}067 = 0{,}115 \rightarrow b = 8{,}7$ cm
e $N = |b / v| = 8{,}67 / 15 = 0{,}58$
f Grootte beeld = $N \times$ grootte voorwerp = $0{,}578 \times 2{,}5 = 1{,}4$ cm = 14 mm. Deze afmeting is kleiner dan de kleinste afmeting van het negatief (24 mm). Het beeld past op het negatief.

C 26

a $1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow 1 / 6{,}6 + 1 / b = 1 / -5{,}0 \rightarrow$
$1 / b = -0{,}2 - 0{,}1515 = -0{,}3515 \rightarrow b = -2{,}8$ m
b Het beeld bevindt zich aan dezelfde kant van de lens als het voorwerp.
c $N = |b / v| = |-2{,}845 / 0{,}066| = 43$
d Je kunt ook de grootte van een beeld dat niet op een scherm komt berekenen.
e Grootte beeld = $N \times$ grootte voorwerp = $43{,}1 \times 0{,}082 = 3{,}5$ m

B 27

a $1/b = 1/f - 1/v$
Als $v < f$ dan is $1/v > 1/f$ en is $1/b < 0 \rightarrow b < 0 \rightarrow$ het beeld is virtueel.
Als $v < f$ dan is $b > f \rightarrow b > v \rightarrow N > 1 \rightarrow$ het beeld is vergroot.

b Als $v = f$ dan $1/b = 0 \rightarrow b$ is oneindig groot. Er is geen beeld (of een oneindig groot beeld op oneindig grote afstand).

c $1/b = 1/f - 1/v = 1/f - 1/2f = 1/2f \rightarrow b = 2f \rightarrow N = |2f/2f| = 1$
$\rightarrow$ Beeld en origineel zijn even groot.

R 28

a Zie de tabel bij de uitwerking van opdracht 14.19b.

b Bij een voorwerpsafstand die veel groter is dan het brandpunt, wordt het beeld gevormd in het brandvlak.

c $1/b = 1/f - 1/v$ als $v >> f$ dan $1/v = 0 \rightarrow 1/b = 1/f \rightarrow b = f$

R 29

Kijk op de ▸site.

14.5 Het oog

A 30

a Het voorwerp moet tussen brandpunt en lens staan.

b Virtueel

c Houd het brandglas in de zon. Waar het zonlicht samenkomt, is het brandpunt. De afstand van brandpunt tot optisch midden is de brandpuntsafstand.

d In het brandpunt, dan komt er namelijk een evenwijdige bundel uit de bolle lens, die door de ooglens wordt geconvergeerd op het netvlies.

e Ja

f Hangt af van lens; bijvoorbeeld 5 cm.

g Je ziet het beeld van de tekst.

A 31

Hangt af van persoon (leeftijd, oogafwijking); normaal bij leerlingen: 10 cm tot 16 cm.

A 32

a Kristallens, hoornvlies, glasachtig lichaam en voorste oogkamer

b In het nabijheidspunt. Dit punt heeft de kleinste v waarop het oog nog scherp kan stellen. In dat punt is $N = |b/v|$ het grootst en kunnen dus de meeste details worden waargenomen.

B 33

a Een loep heeft een kleine brandpuntsafstand, is dus een sterke lens die licht goed convergeert, dus lichtsterk beeld.

b Lenzenformule: $1/v + 1/b = 1/f$ met v zeer groot $\rightarrow$
$1/v = 0 \rightarrow 1/b = 1/f \rightarrow b = f$

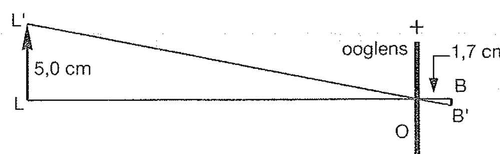
c Papier is meestal wit en reflecteert een groot deel van de straling (en warmte); een veter is donker en absorbeert veel straling (en warmte).

A 34

a Dit hangt van de persoon af, stel 25 cm.

b Zie figuur 14.8. Gebruik 5 cm : 25 cm = x : 1,7 cm $\rightarrow$
x = 0,34 cm $\rightarrow$ de blinde vlek ligt ongeveer 3,4 mm van het centrum van het netvlies af.

c Het optische midden ligt niet in de kristallens, maar meer naar binnen.



14.8

B 35

a $S_{v.o.} = 60 - 40 - 2 - 14 = 4$ dpt

b Een maximaal geaccommodeerd oog heeft een sterkte van 64 dpt, dus 4 dpt meer dan een ongeaccommodeerd oog. De sterkte van bijna alle onderdelen blijft gelijk, behalve die van de kristallens. Die wordt maximaal 40 + 4 = 44 dpt.

c De gevraagde afstand is $f_{ooglens} = 1/S_{ooglens} = 1/60 = 1{,}7 \cdot 10^{-2}$ m.

A 36

a $f_{ooglens} = 1/S_{ooglens} = 1/60 = 1{,}7 \cdot 10^{-2}$ m (ongeaccommodeerd) en $f_{ooglens} = 1/S_{ooglens} = 1/64 = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ m (maximaal geaccommodeerd)

b Op een afstand die even groot is als haar nabijheidsafstand

c In het nabijheidspunt is haar oog maximaal geaccommodeerd. Dat geeft na een tijdje hoofdpijn. Dan liever iets minder details en geen hoofdpijn $\rightarrow v$ groter.

B 37

a Van de brandpuntsafstand en de nabijheidsafstand

b $f_{loep} = 1/S_{loep} = 1/2{,}0 = 0{,}50$ m. Het voorwerp moet bij een ongeaccommodeerd oog in het brandpunt staan $\rightarrow$ te ver weg. De brandpuntsafstand is 3× zo groot als de nabijheidsafstand. Deze lens kan dus niet als loep gebruikt worden.

c In het nabijheidspunt van de gebruiker

B 38

a $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{v}{v \cdot f} - \frac{f}{v \cdot f} = \frac{v-f}{v \cdot f} \rightarrow$

$$b = \frac{v \cdot f}{v - f}$$

b $b = \frac{v \cdot f}{v - f} = \frac{3{,}2 \times 5{,}3}{3{,}2 - 5{,}3} = \frac{16{,}96}{-2{,}1} = -8{,}1$ cm

c $N = |-8{,}076 / 3{,}2| = 2{,}5$

B 39

De vlieg bevindt zich in het brandpunt $\rightarrow$
$f = 1/S = 1/25 = 0{,}040$ m
De vlieg bevindt zich op 4,0 cm van de loep.

C 40

a Geen langdurige accommodatie betekent geen hoofdpijn, dit is langer vol te houden.
b n nabijheidsafstand, f brandpuntsafstand.
c Het beeld van de loep ziet de diamantair op 30 cm. Dus $b = -30$ cm; $f = 30$ cm en $1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow v = 15$ cm
d Bij het ouder worden neemt n toe. Hij blijft op dezelfde manier werken. De voorwerpsafstand v blijft gelijk:
$v = 15$ cm.
$b = -n$ wordt sterker negatief (wordt bijvoorbeeld -40 cm in plaats van -30 cm).
Uit $1 / v + 1 / b = 1 / f$ volgt: $f = 24$ cm $\rightarrow f$ wordt groter.

R 41

Kijk op de (▸site).

14.6 Oogafwijkingen

A 42

a Een oogafwijking waarbij de oogbol te klein is of de ooglens te zwak
b Tussen zijn nabijheidspunt en zijn vertepunt die beide dichter bij het oog liggen dan bij normaalzienden

A 43

a $f = 1 / S = 1 / (-2{,}5) = -0{,}40$ m
b $S = 1 / f = 1 / (-0{,}29) = -3{,}4$ dpt
c Bij bijziendheid

B 44

a Het vertepunt valt samen met brandpunt van de hulplens. De gevraagde afstand is de brandpuntsafstand van de lens. $f = 1 / S = 1 / (-1{,}5) = -0{,}67$ m. De afstand tussen ooglens en vertepunt is 0,67 m (67 cm).
b Met deze hulplens komt het vertepunt op 50 cm afstand te liggen. Deze lens divergeert te sterk. Door te accommoderen (0,5 dpt extra) kan de bundel weer wat geconvergeerd worden zodat een voorwerp ver weg toch op het netvlies komt.
c $1 / b = S_{zonder\ lens} - 1 / 0{,}23$ (de situatie zonder lens)
$1 / b = S_{met\ lens} - 1 / n_{nieuw}$ (de situatie met lens)
$S_{met\ lens} = S_{zonder\ lens} - 2{,}0$
Gelijkstellen en invullen:
$S_{zonder\ lens} - 1 / 0{,}23 = S_{zonder\ lens} - 2{,}0 - 1 / n_{nieuw}$;
$1 / n_{nieuw} = (-2{,}0) - (-1 / 0{,}23) = -2{,}0 + 4{,}35 = 2{,}35$;
$n_{nieuw} = 0{,}43$ m (43 cm).

B 45

a Achmed is verziend. De hulplens om ver weg zonder accommoderen scherp te kunnen kijken moet de extra 2 dpt compenseren.
$S_{lens} = 2{,}0$ dpt $\rightarrow f_{lens} = 1 / S_{lens} = 0{,}50$ m
b Lenzenformule: $1 / v + 1 / b = S$
Hierin is $b = -n_{Achmed}$ en $v = 0{,}30$ m.
$S = 1 / 0{,}30 - 1 / 4 = 3{,}33 - 0{,}25 = 3{,}1$ dpt
c Bifocaal wil zeggen een bril met per glas twee lenzen met twee verschillende brandpunten (bi = twee en focus = brandpunt). In dit geval een lens met 3,1 dpt (leesbril) en met 4,0 dpt (straatbril).

C 46

a Het beeld moet, terwijl het oog niet accommodeert, op het netvlies komen.
$1 / f = 1 / v + 1 / b$. Hierin zijn f en b positief. Aangezien $f > b$ en dus $1 / f < 1 / b$ kan dat bij een verziende alleen als de voorwerpsafstand negatief is. Dus aan de andere kant van het oog.
b $1 / v + 1 / b = S$
Hierin is $v = 0{,}58$ m en $b = \infty$ (oneindig) (dus $1 / b = 0$).
Invullen geeft $S = 1{,}7$ dpt.
c $1 / v + 1 / b = S = 1{,}7$
Hierin is $v = n_{nieuw}$ en $b = -n_{Thijs} = -0{,}61$ m.
Invullen geeft $n_{nieuw} = 0{,}30$ m.

R 47

Kijk op de (▸site).

14.7 Optische apparaten

A 48

a Scherpstellen op iets dat verder weg is $\rightarrow$ v neemt toe. Bij gelijke f neemt volgens de lenzenformule b af. De lens wordt iets naar de film toe gedraaid.
b Scherpstellen op iets dat verder weg is $\rightarrow$ v neemt toe. Bij gelijke b neemt volgens de lenzenformule f af. Je oog moet iets minder accommoderen.
c Klein diafragma gebruiken en langere sluitertijd.

B 49

a N = hoogte beeld / hoogte voorwerp = 0,031 / 1,00 = $3{,}1 \cdot 10^{-2}$ (= 0,031)
b Reëel beeld $\rightarrow N = |b / v| = 0{,}031 \rightarrow$
$b = 0{,}031 \times v = 0{,}031 \times 1{,}67 = 0{,}05177$ m
$S = 1 / v + 1 / b = 1 / 1{,}67 + 1 / 0{,}05177 = 0{,}5988 + 19{,}316 = 20$ dpt
c De hele liniaal heeft dezelfde snelheid $\rightarrow$ het beeld is scherp, want de afstanden voldoen aan de lenzenformule.

B 50

a De sporters bewegen met grote snelheid. Bij een grote sluitertijd betekent dat onscherpte.
b Om genoeg licht te krijgen

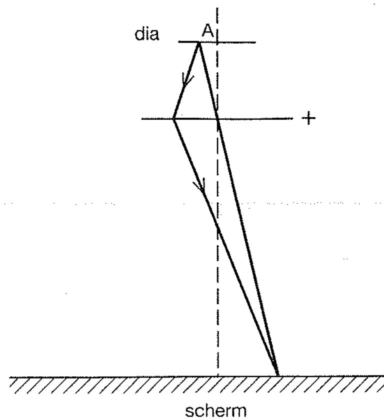
B 51

a Zie figuur 14.16 in het leerboek. In het fototoestel zit een lens.
b $1 / b = 1 / f - 1 / v = 1 / 0{,}05 - 1 / 15 = 19{,}93 \rightarrow b = 5{,}0$ cm
Reëel beeld: $N = |b / v| = 0{,}050 / 15{,}0 = 3{,}3 \cdot 10^{-3} \rightarrow$
grootte beeld = 0,015 m = 1,5 cm
c De beeldafstand moet groter worden bij dezelfde v.
$1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow$ bij een grotere b hoort bij constante v een grotere f. De brandpuntsafstand van een telelens is dus groter dan die van een gewone lens.

B 52

a $v = 10{,}5$ cm, $f = 10{,}0$ cm
$1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow$
$1 / 10{,}5 + 1 / b = 1 / 10{,}0 \rightarrow$
$1 / b = 0{,}00476 \rightarrow b = 210$ cm

b Zie figuur 14.9. Gebruik de lichtstraal door het optische midden.



14.9

c f blijft gelijk (je werkt met dezelfde lens).
Zie je na het schuiven een scherpe afbeelding, dan is b kleiner geworden. Dit is te realiseren door v te vergroten. Je zult de lens moeten uitdraaien.

d Door de projectorlens bij te stellen verander je v. Je werkt met dezelfde lens, dus de brandpuntsafstand verandert niet. Ook b verandert als je v verandert (stop in de lenzenformule maar een ander getal voor v dan zie je dat b verandert).
Je zult dus ook het scherm moeten verplaatsen (verder van de projector af).

B 53

a Virtueel

b $1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow 1 / 2{,}2 + 1 / b = 1 / 5 \rightarrow$
$1 / b = -0{,}5 \rightarrow b = -3{,}9$ cm

c $N = |b / v| = |-3{,}93 / 2{,}2| = 1{,}8$

d Loep (vergrootglas)

C 54

Een lijn wordt 45× zo groot afgebeeld → een oppervlakte wordt $45^2 = 2{,}0 \cdot 10^3$× zo groot afgebeeld. De lichtintensiteit (= het vermogen per oppervlakte-eenheid) vermindert met een factor $2{,}0 \cdot 10^3$.

B 55

a *Analyse:*
$N = 12$ en $b + v = 0{,}57 + 5{,}4 = 5{,}97$ m
Het is een reëel beeld.
Uitwerking:
$N = |b / v| = 12 \rightarrow b = 12v$
$12v + v = 5{,}97 \rightarrow v = 5{,}97 / 13 = 0{,}459$ m
$b = 12v = 5{,}51$ m
$1 / v + 1 / b = 1 / f \rightarrow 1 / f = 1 / 0{,}459 + 1 / 5{,}51 \rightarrow$
$f = 0{,}42$ m

b Gelijkmatig belichten van een transparant (overheadsheet) door een evenwijdige bundel te maken

c Uit de lamp komt een divergente bundel; een negatieve lens maakt deze bundel sterker divergent. Daardoor wordt de belichting sterker ongelijkmatig. De condensor kan dus geen negatieve lens zijn.

d Om een evenwijdige bundel te krijgen moet de lamp in het brandpunt van de condensor staan. Hoe groter de brandpuntsafstand, hoe groter de kast. Bovendien neemt de intensiteit van de bundel af. De condensor moet een kleine brandpuntsafstand hebben.

B 56

Analyse:
Reëel beeld → $N = |b / v| = b / v$ = grootte beeld / grootte voorwerp;
v is groot → $b = f$.
Uitwerking:
$N = 5 \cdot 10^{-2} / 100 \cdot 10^3 = 5{,}00 \cdot 10^{-7}$ met $v = 480$ km en $b = f$ volgt $f = 0{,}240$ m
$S = 1 / f = 1 / 0{,}240 = 4{,}17$ dpt

14.8 Brekende stralen

A 57

Geel licht

A 58

a Volgens (▸binas) tabel 18A: $n = 1{,}88$

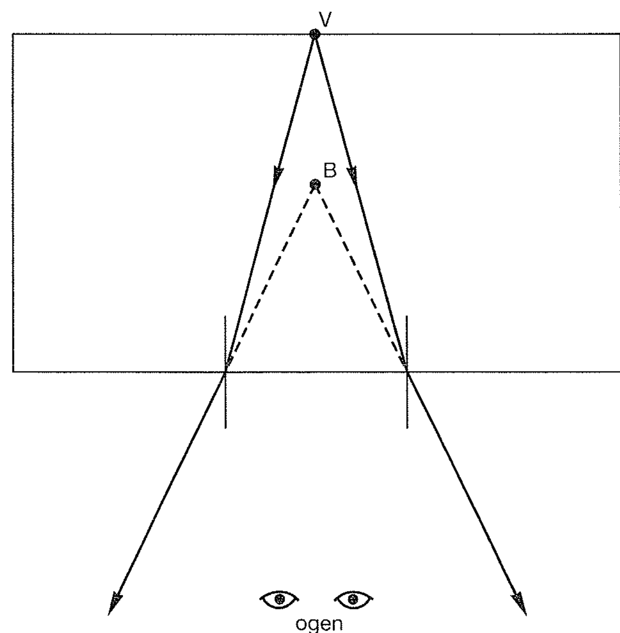
b Wet van Snellius: $\dfrac{\sin i}{\sin r} = n \rightarrow$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 23}{1{,}88} = 0{,}509 \rightarrow r = 12^\circ$$

c $\dfrac{\sin i}{\sin r} = \dfrac{1}{n} \rightarrow \sin r = n \cdot \sin i = 1{,}88 \times \sin 23 = 0{,}735 \rightarrow$
$r = 47^\circ$

B 59

Zie figuur 14.10. Het licht dat van de achterwand afkomt, breekt bij de voorkant naar lucht toe van de normaal af. Dat licht komt in je oog. Door de rechtlijnige voortplanting lijkt het licht uit een minder ver weg gelegen punt te komen. Daarom lijkt de achterwand dichter bij de voorkant te liggen dan in werkelijkheid.



14.10

B 60

a Breking

b Het licht wordt van de vis uit naar de reiger toe van de normaal af gebroken. De reiger ziet de vis dus te hoog. De reiger moet dan in richting 3 gaan om de vis te verschalken.

A 61

$\sin g = 1 / n = 1 / 2{,}33 = 0{,}429 \rightarrow g = 25{,}4°$

B 62

Het komt doordat elke kleur licht een eigen brekingsindex heeft. Daardoor zal elke kleur onder zijn eigen hoek uit het prisma komen. Alle kleuren vormen zo uit 'wit' licht de kleuren van de regenboog.

B 63

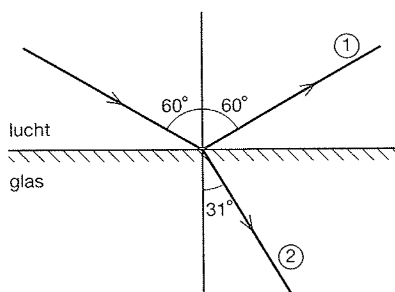
a De invalshoek is de hoek tussen normaal en invallende lichtstraal. Opmeten levert $i = 60°$ op.

b Met $i = t = 60°$ in figuur 14.11 lichtstraal 1.

c Wet van Snellius: $\frac{\sin i}{\sin r} = n \rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 60}{1{,}7} \rightarrow$

$r = 31°$

Zie lichtstraal 2 in figuur 14.11.



14.11

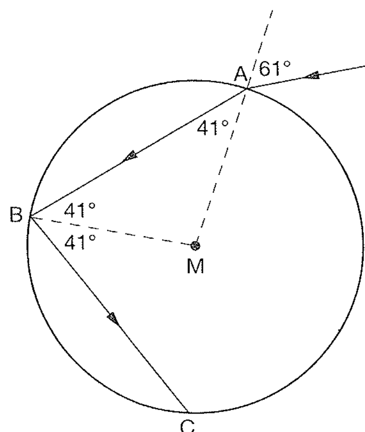
C 64

a Zie figuur 14.12. Teken eerst de normaal door A, die gaat door M. Meten: $r = 41°$

Wet van Snellius toepassen: $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{water} \rightarrow$

$\sin i = n_{water} \cdot \sin r = 1{,}330 \times \sin 31 \rightarrow i = 61°$

Teken de invallende lichtstraal onder 61° met de normaal.



14.12

b $\sin g = 1 / n_{water} = 1 / 1{,}330 \rightarrow g = 48{,}8°$

$i = 41°$, dat is kleiner dan $g \rightarrow$ er vindt geen totale reflectie plaats.

c De brekingsindex voor blauw licht is iets groter dan die voor rood licht. Een blauwe lichtstraal wordt sterker gebroken dan een rode $\rightarrow$ de blauwe komt ergens tussen B en C terecht.

d Kijk op de ▸site.

B 65

Licht gaat bij dit zijvlak naar een optisch dichtere stof. Er geldt: $n_{glas} = 1{,}5$. Voor de grenshoek geldt:

$\sin g = 1 / n_{glas} = 1/1{,}5 \rightarrow g = 42°$.

De invalshoek is 45° $\rightarrow i > g \rightarrow$ er treedt totale terugkaatsing op.

B 66

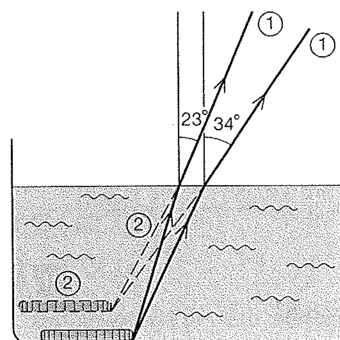
a Opmeten: voor linkerstraal geldt $i = 17°$; voor de rechterstraal $i = 25°$; water: $n = 1{,}33$.

b Linkerstraal: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \rightarrow \sin r = \sin 17 \times 1{,}33 \rightarrow r = 23°$

Rechterstraal: $\sin r = \sin 25 \times 1{,}33 \rightarrow r = 34°$

c Zie de lichtstralen 1 in figuur 14.13.

d Zie de lichtstralen 2 in figuur 14.13.



14.13

B 67

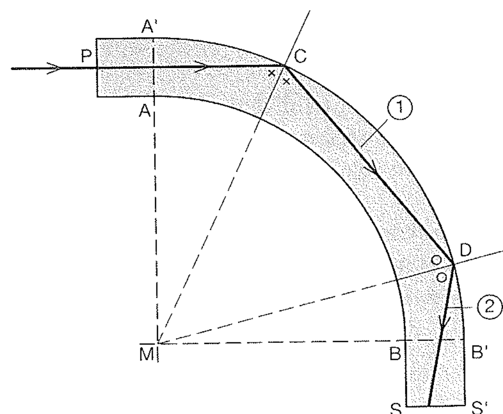
a De brekingsindex hangt af van de kleur licht.

b Opmeten: $i = 72°$

Grenshoek berekenen: $\sin g = 1 / n = 1 / 1{,}71 \rightarrow g = 35{,}8°$

$i > g$, dus er treedt totale reflectie op.

c Zie figuur 14.14. Totale reflectie bij C, dus lichtstraal laten terugkaatsen (1). Bij volgende keer bij rand kabel D ook totale reflectie (2). Stoppen bij SS'.



14.14

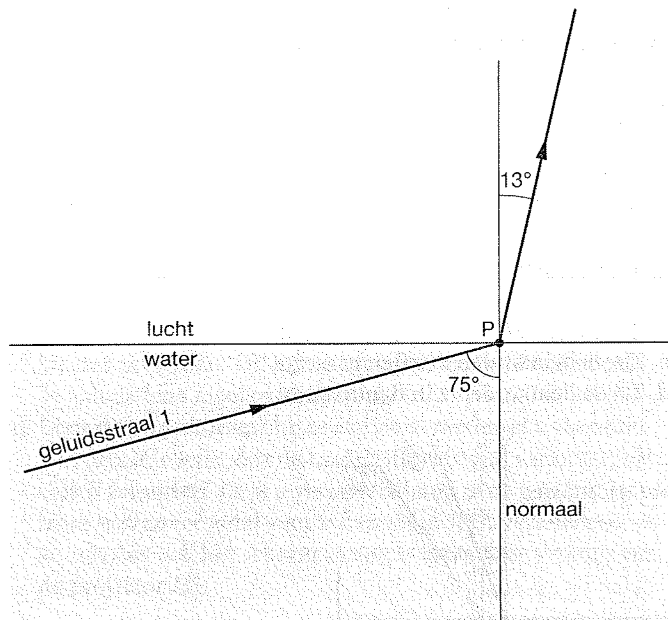
C 68

Zie figuur 14.15. Teken eerst de normaal in punt P. Overgang van water naar lucht $\rightarrow n_{\text{w naar l}} = 1 / 0{,}23 = 4{,}35$.

Opmeten:

$i = 75°$; met $n_{\text{w naar l}} = \dfrac{\sin i}{\sin r}$ volgt $\sin r = \dfrac{\sin i}{n_{\text{w naar l}}} =$

$0{,}966 / 4{,}35 = 0{,}222 \rightarrow r = 13°$



14.15

A 69

a $\sin g = 1 / n = 1 / 1{,}33 \rightarrow g = 48{,}8°$

b-f Kijk op de ▸site.

g De hoek is dan groter dan de grenshoek. Licht van de bodem kaatst tegen de onderkant van het wateroppervlak volledig terug in het oog van de vis. De vis ziet boven water het spiegelbeeld van de bodem.

h Kijk op de ▸site.

15 Trillingen

15.1 Inleiding

A 1

Hartslag, ademen, menstruatiecyclus

A 2

Schommelen, wippen

B 3

a Je slaat een snaar aan.
b De snaar zit aan twee kanten vast en beweegt heen en weer.
c De lucht in de klankkast gaat meetrillen en versterkt het geluid.
d Je kunt de snaar sterker spannen. Je kunt de snaar afklemmen zodat de snaar korter wordt.

B 4

a Je blaast op het mondstuk.
b Je kunt harder blazen of je doet een aantal gaten dicht.

B 5

De stemvork trilt 500× per seconde.

15.2 Kenmerkende trillingsgrootheden

A 6

a Een verschijnsel dat zich steeds na een bepaalde tijdsduur herhaalt
b Een periodieke beweging om een evenwichtsstand
c De tijdsduur om van de ene uiterste stand via de andere uiterste stand weer terug naar de eerste uiterste stand te gaan
d Het aantal trillingen per tijdseenheid (per seconde)

A 7

a Er is geen evenwichtsstand.
b Een periodieke beweging

A 8

a De snaren (maar ook de lucht in de klankkast en de klankkast zelf)
b Het gespannen vlies en de lucht eronder (maar ook de klankkast)
c De lucht in de trompet
d De stembanden (maar ook de lucht in de mondholte)

B 9

a $T = 1 / f = 1 / 256 = 0{,}00391$ s = 3,91 ms
b $f = 1 / T = 1 / 0{,}00227 = 441$ Hz
c $0{,}00391 \times 256 = 1{,}00$
$0{,}00227 \times 441 = 1{,}00$
Je krijgt er steeds exact 1 uit.
d $T \cdot f = 1$

A 10

a Het gewichtje bevindt zich 2,3 cm onder de evenwichtsstand (bij keus positieve richting omhoog).
b De grootste uitwijking die het gewichtje heeft (de amplitudo), is 4,0 cm.
c Het gewichtje heeft 13,5 trillingen uitgevoerd.

A 11

a $T = 30 / 14 = 2{,}1429 = 2{,}1$ s
b $f = 1 / T = 1 / 2{,}1429 = 0{,}47$ Hz
c $\varphi = t / T = 10 / 2{,}1429 = 4{,}7$

A 12

$f = 1800 / 60 = 30$ Hz

B 13

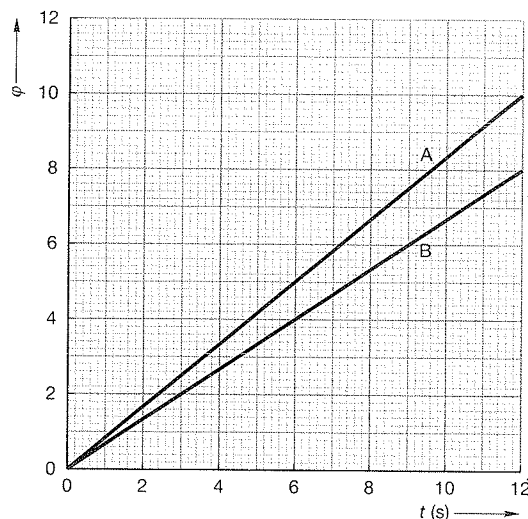
a Bij het veranderen van de ene grootheid om de invloed op een tweede grootheid te onderzoeken, moeten de omstandigheden gelijk blijven. Dat betekent dat andere grootheden niet mogen veranderen.
b Beiden hebben gelijk: Anne omdat de derde grootheid, de amplitudo, niet mag veranderen, en Ilhan omdat hij weet dat de amplitudo geen invloed heeft op de trillingstijd (mits de amplitudo niet te groot is).

B 14

a Zie de tabel van figuur 15.1.
b Zie figuur 15.2.
c t = 6,0 s

15.1

t (s)	φ_A	φ_B	t (s)	φ_A	φ_B
0	0	0	7,0	5,8	4,7
1,0	0,83	0,67	8,0	6,7	5,3
2,0	1,7	1,3	9,0	7,5	6
3,0	2,5	2	10	8,3	6,7
4,0	3,3	2,7	11	9,2	7,3
5,0	4,2	3,3	12	10	8
6,0	5,0	4,0			



15.2

C 15

a De lamp flitst 10× per seconde.
b Voor een *halve* trilling zijn negen beelden nodig. Dat betekent acht (!) keer een periode van 0,10 s.
$\frac{1}{2}T$ = 0,80 s → T = 1,6 s
c $T_{lamp} : T_{slinger}$ = 0,1 : 1,6 = 1 : 16
d T en f zijn elkaars omgekeerde; hun verhoudingen dus ook → $f_{lamp} : f_{slinger}$ = 16 : 1.

C 16

a Je ziet een golfpatroon ontstaan dat zich herhaalt. Het aantal volledige golfjes betekent het aantal trillingen van de naald en dus van de stemvork.
b Bij bekende snelheid van de naald en bekende afstand op het glaasje is de tijd van een aantal golfjes te berekenen. Elk volledig golfje betekent één periode. Als je de periode kent, is de frequentie te berekenen met $f = 1 / T$.

15.3 Trillingen beschrijven

B 17

a De grafiek heeft de vorm van de grafiek van een sinusfunctie.
b $U(t) = U_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ en $I(t) = I_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$

B 18

a Het schaaltje had uitwijking 0. Nadat het steentje erop valt ligt de evenwichtstand lager. Het schaaltje voert een harmonische trilling uit, dus de grafiek is een sinusoïde.
b $A = \frac{1}{2} \times 90$ = 45 mm = 4,5 cm
c Evenwichtsstand: u = 2,0 − 4,5 = −2,5 cm
d Twee trillingen in 1,40 s → T = 0,70 s →
$f = 1 / T$ = 1 / 0,70 = 1,4 Hz

C 19

a Het is de grafiek van figuur 15.11 in het leerboek, maar dan op t = 0 in de evenwichtstand in positieve richting bewegend.
b $u(t) = 4{,}5 \cdot \sin(2\pi \cdot (t - 0{,}42) / 0{,}7) - 2{,}5$

A 20

De fase en de tijd zijn recht evenredig. Daarom heeft een u,φ-diagram dezelfde vorm als een u,t-diagram.

A 21

a In tegenfase
b In tegenfase
c In fase
d In tegenfase

B 22

a De trampoline is op te vatten als een veer. Bij veren geldt dat resulterende kracht evenredig is met de uitrekking. De beweging is dan harmonisch. Het deel waarin de springer contact heeft met de mat van de trampoline, kan dus een harmonische trilling zijn.
b Als de springer los van de trampoline is, werkt alleen de zwaartekracht. De beweging is dan eenparig versneld, dus geen harmonische trilling.

B 23

a In fase
b De ogen van de zwaan zouden dan een op en neer gaande horizon zien. Het dan is moeilijk voor de vogel zich te oriënteren.

B 24

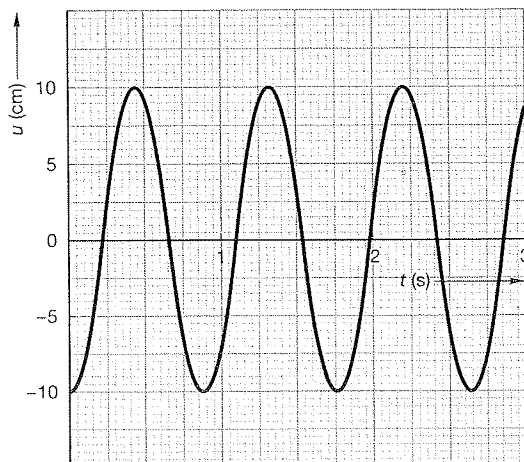
a A = 1,9 cm
b 1,5 trilling duurt 12 × 0,2 = 2,4 s → T = 2,4 / 1,5 = 1,6 s
c Een horizontale lijn (met geodriehoek) levert: 0,13 s; 0,67 s; 1,73 s; 2,27 s
d 0,083; 0,42; 0,083; 0,42
e In de bovenste uiterste stand is de gereduceerde fase altijd 0,25.
f 0,75
g De raaklijn aan de grafiek loopt niet steeds even steil.

B 25

Over 2,8 cm staan 13 trillingen.
Elke trilling duurt 1 / 256 = $3{,}911 \cdot 10^{-3}$ s.
Over 2,8 cm doet de stemvork dus 13 × $3{,}911 \cdot 10^{-3}$ = 0,050843 s
$v = \Delta x / \Delta t$ = 0,028 / 0,050843 = 0,55 m/s

B 26

Zie figuur 15.3.



15.3

C 27

a T = 12,4 h = 12,4 × 3600 = 4,46·10⁴ s

b Bepaal de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het betreffende tijdstip.

c Raaklijn tekenen bij h = 3,0 m;
steilheid is (5,5 – 0) / (15,8 – 10,6) = 1,058 m/uur →
v = 2,9·10⁻⁴ m/s

d A = 2,0 m en T = 4,46·10⁴ s →
$v = 2\pi \cdot A / T = 2\pi \times 2{,}0 / 4{,}46 \cdot 10^{-4} = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$ m/s
Beide antwoorden zijn (ongeveer) gelijk.

15.4 De harmonische trilling

A 28

a Door na te gaan of de grafiek in het u,t-diagram een sinusoïde is (moeilijk!) *of* door te bewijzen dat de resulterende kracht en de uitwijking recht evenredig met elkaar zijn en tegengesteld gericht.

b De resulterende kracht is 0. Het voorwerp beweegt met constante snelheid langs een rechte lijn.

A 29

a $C = F / u = 0{,}050 \times 9{,}81 / 3{,}2 \cdot 10^{-2}$ = 15 N/m

b De krachtconstante bij een massa,veer-systeem is de veerconstante, dus ook 15 N/m.

c C is nog steeds 15 N/m; de veerconstante hangt alleen af van de eigenschappen van de veer.

B 30

a Bij beide dobbers is de resulterende kracht 0,2 N.

b De dobber waarbij de resulterende kracht en de uitwijking recht evenredig zijn, trilt harmonisch. Dat is de rechthoekige dobber.

c $C = F / u = 0{,}2 / 0{,}05$ = 4 N/m

B 31

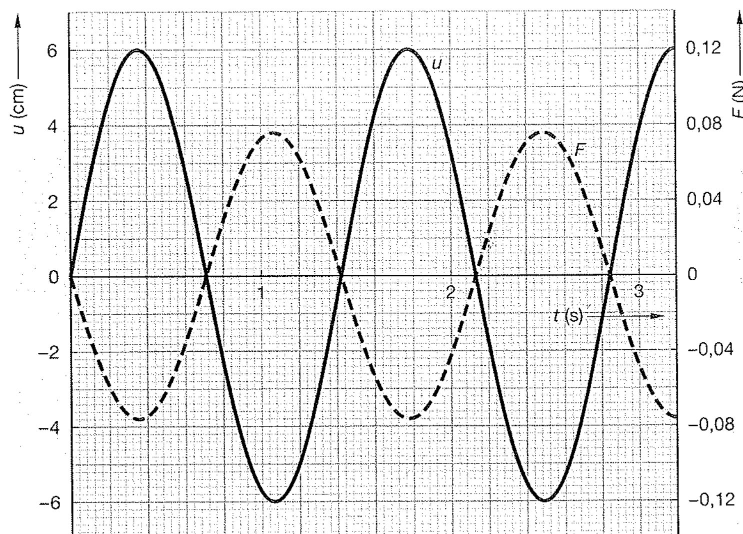
a Beide veren oefenen een kracht uit in dezelfde richting. De krachtconstante is dan 1,30 N/m. De maximale kracht die hoort bij de amplitudo, bedraagt:
$F_{max} = C \cdot u_{max} = C \cdot A = 1{,}30 \times 0{,}060 = 7{,}8 \cdot 10^{-2}$ N

b Zie de getrokken lijn in figuur 15.4.

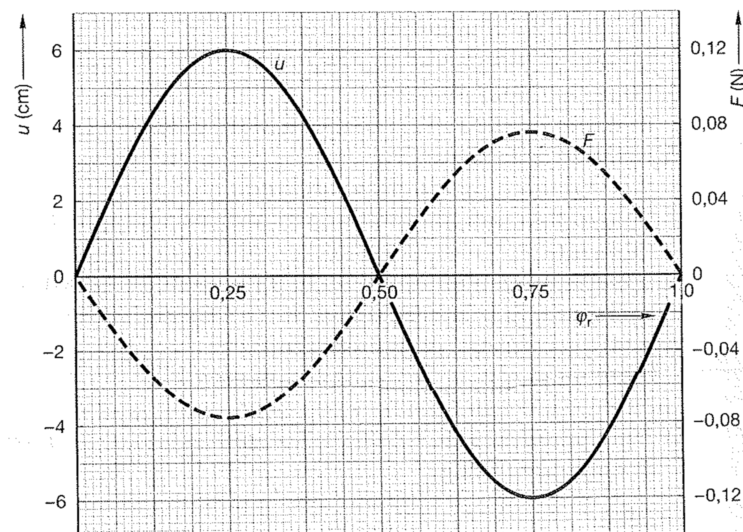
c Zie de getrokken lijn in figuur 15.5.

d Zie de stippellijn in figuur 15.4.

e Zie de stippellijn in figuur 15.5.



15.4



15.5

A 32

a T = 4,5 s → $u(t) = 2{,}5 \cdot \sin(2\pi \cdot t / 4{,}5)$ in cm

b $v_{max} = 2\pi \cdot A / T \rightarrow v_{max} = 2\pi \times 2{,}5 / 4{,}5 = 3{,}5$ cm/s = $3{,}5 \cdot 10^{-2}$ m/s

c $E_t = ½m \cdot v^2_{max} = 2{,}7 \cdot 10^{-5}$ J

A 33

$v = v_{max} = 2\pi \cdot A / T = 2\pi \cdot f \cdot A$ = 1,0 m/s

B 34

a $f = 1 / T = 1 / 3{,}2 = 0{,}31$ Hz

b $u(t) = 20 \cdot \sin(2\pi \cdot t / 3{,}2)$ in cm; invullen (in radialen) geeft resp. 0 cm; 18,5 cm; –14,1 cm; –7,7 cm; 20,0 cm; –7,7 cm; 0 cm

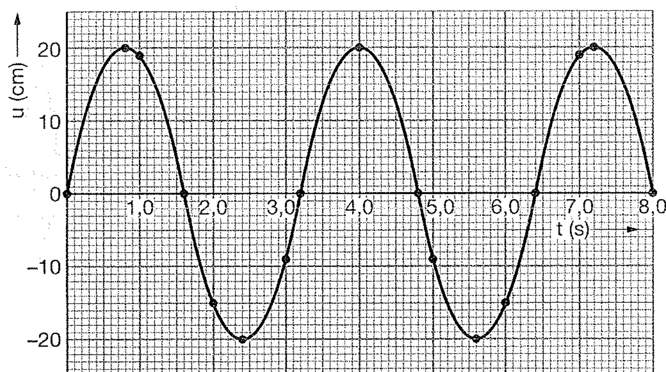
c $5{,}0 = 20 \cdot \sin(2\pi \cdot t / 3{,}2)$, $2\pi \cdot t = 3{,}2 \cdot \arcsin(5{,}0 / 20) \rightarrow$
$t = (3{,}2 / 2\pi) \cdot 0{,}2527 = 0{,}13$ s;
evenzo de andere, respectievelijk 0,22 s; 0,27 s; 0,44 s

d Zie figuur 15.6.

e $v_{max} = 2\pi \times 0{,}20 / 3{,}2 = 0{,}39$ m/s

f $E_t = \frac{1}{2} m \cdot v^2_{max} = \frac{1}{2} \times 0{,}5 \times 0{,}393^2 = 0{,}039$ J

g $E_t = \frac{1}{2} C \cdot A^2 = 0{,}039 \rightarrow C = 2 \times 0{,}039 / (0{,}20)^2 = 1{,}9$ N/m



15.6

C 35

a Als de raaklijn het steilst loopt:
$t = 1{,}0 \cdot 10^{-2} + n \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ s;
$t = 2{,}0 \cdot 10^{-2} + n \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ s;
$t = 4{,}0 \cdot 10^{-2} + n \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ s;
$t = 5{,}0 \cdot 10^{-2} + n \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ s (n is een geheel getal)

b Raaklijn op $t = 4{,}0 \cdot 10^{-2}$ s:
$v = -8{,}0 \text{ mm} / (2{,}1 \cdot 10^{-2} \text{ s}) = -0{,}38$ m/s
De grootte van de snelheid op de tijdstippen in vraag a is 0,38 m/s.

c De gemiddelde snelheid is 0 m/s; op die twee tijdstippen is het voorwerp op dezelfde plaats, de verplaatsing is 0 m.

d $v(1{,}0) = 0{,}38$ m/s; $v(2{,}0) = -0{,}38$ m/s $\rightarrow$
$\Delta v = -0{,}76$ m/s, $a_{gem} = \Delta v / \Delta t = -38$ m/s²

e $T = 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ s (de hoge top zit op $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ s en $7{,}5 \cdot 10^{-2}$ s)

f Nee, de grafiek in het u,t-diagram is geen sinusoïde $\rightarrow$ geen harmonische trilling.

C 36

a $E_{k.max} = \frac{1}{2} m \cdot v^2_{max}$ en $v_{max} = 2\pi \cdot A / T \rightarrow$
$E_{k.max} = \frac{1}{2} m \cdot (2\pi \cdot A/T)^2 \rightarrow$
$E_{k.max} = 2\pi^2 \cdot m \cdot A^2 / T^2$

b $E_{tril} = \frac{1}{2} C \cdot A^2$

$E_{tril} = E_{k.max}$, zodat: $\frac{1}{2} C \cdot A^2 = 2\pi \cdot m \cdot A^2 / T^2 \rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}}$

c In de formule komt geen A voor.

B 37

a $C = F_z / u = 45 \times 9{,}81 / 0{,}129 = 3{,}4 \cdot 10^3$ N/m

b De maximale snelheid kun je in de grafiek aflezen:
$v_{max} = 0{,}90$ m/s, $v_{max} = 2\pi \cdot A / T$, $T = 0{,}72$ s $\rightarrow A = 0{,}10$ cm

c De snelheid moet dan nul zijn, en daarna negatief worden (naar beneden); $t = 0{,}36$ s.

15.5 Slingers

A 38

$m = 45 \cdot 10^{-3}$ kg en $T = 6{,}2 / 20 = 0{,}31$ s
met $T^2 = 4\pi^2 \cdot m / C$ volgt:
$C = 4\pi^2 \cdot m / T^2 = 4\pi^2 \times 45 \cdot 10^{-3} / 0{,}31^2 = 18$ N/m

B 39

a De massa en de krachtconstante

b De trillingstijd is recht evenredig met de wortel uit de massa en omgekeerd evenredig met de wortel uit de krachtconstante: $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}}$.

c T^2 tegen m of T tegen $\sqrt{m}$

d,e Zie figuur 15.7.

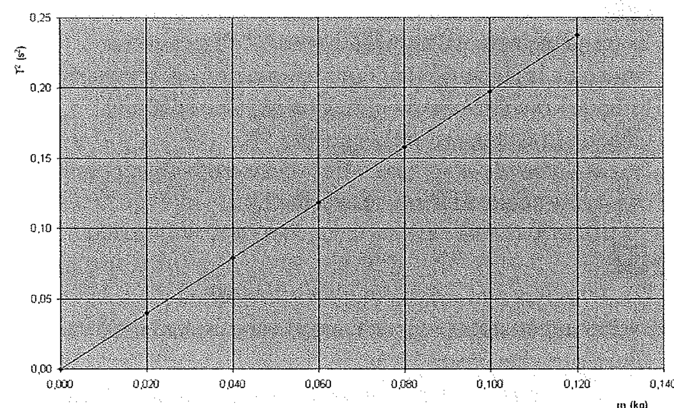
f Zie figuur 15.8 en 15.9.

g T^2 tegen m: steilheid = 2,0 s²/kg
T tegen $\sqrt{m}$: steilheid = 1,4 s / $\sqrt{\text{kg}}$

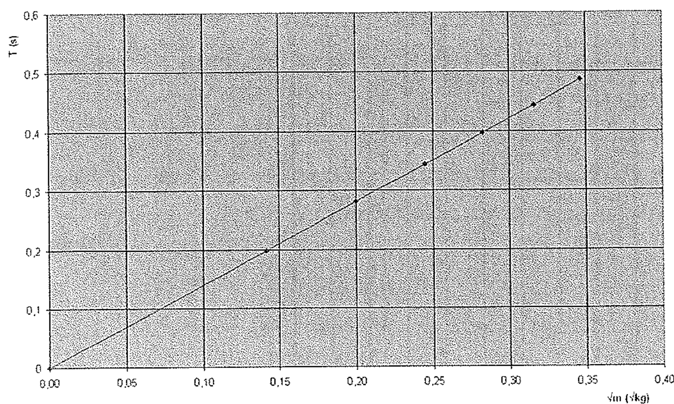
Microsoft Excel - 15.opg 39.xls

	A	B	C	D	E	F
1	m(kg)	10·T (s)	T (s)	T²(s²)	√m (√kg)	T (s)
2	0,020	1,99	0,199	0,04	0,14	0,199
3	0,040	2,81	0,281	0,08	0,20	0,281
4	0,060	3,44	0,344	0,12	0,24	0,344
5	0,080	3,97	0,397	0,16	0,28	0,397
6	0,100	4,44	0,444	0,20	0,32	0,444
7	0,120	4,87	0,487	0,24	0,35	0,487

15.7



15.8



15.9

B 40

$f = 1/T = 1/2\pi \cdot \sqrt{\frac{C}{m}}$

B 41

a Uit $T^2 = 4\pi^2 \cdot m / C$ volgt: $T^2 / m = 4\pi^2 / C$
De evenredigheidsconstante $b = 4\pi^2 / C$

b De steilheid is de evenredigheidsconstante b:
steilheid = b = 5,0 / 1,0 = 5,0 s²/kg
$\rightarrow 5{,}0 = 4\pi^2 / C \rightarrow C = 7{,}9$ N/m

c Uit het diagram volgt: C = 3,2 / 0,40 = 8,0 N/m
Bij een trillende veer is de krachtconstante dus gelijk aan de veerconstante.

C 42

a $T^2 = 1{,}25^2 = 1{,}56$ s² $\rightarrow$ aantal muntstukken: 17 (aflezen uit de grafiek)

b Het varken zelf heeft een massa en dus ook een eigen trillingstijd.

c De lijn extrapoleren (doortekenen) tot T = 0; dus tot T^2 = 0. De (negatieve) massa bedraagt de massa van 12,0 muntstukken, dus van 12,0 × 6,0 = 72 g.

d Om het varken op een bepaalde afstand van de evenwichtsstand te houden moet je 2× zoveel kracht uitoefenen als bij één veer. De resulterende kracht bij dezelfde uitwijking is 2× zo groot. Met $C = F_{res} / u$ volgt dat de krachtconstante C 2× zo groot is.

e $T^2 \sim 1 / C \rightarrow$ bij 2× zo grote waarde C hoort een 2× zo kleine waarde van T^2 en dus T wordt √2× zo klein. T was 1,25 s en wordt 1,25/√2 $\rightarrow$ T = 0,88 s.

f Bij nul muntstukken was: T^2 = 0,60 s²; dat wordt 0,30 s.
Bij 17 muntstukken gold: T^2 = 1,56 s²; dat wordt 0,78 s² (= 0,884²).
Een rechte lijn door (0,0 munten; 0,30 s²) en (17,0 munten; 0,884² = 0,78 s²)

A 43

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot \ell}{g} \rightarrow \ell = \frac{g \cdot T^2}{4\pi^2}$$

A 44

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{67}{9{,}81}} = 16 \text{ s}$$

B 45

a $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow \frac{\ell}{g} = \frac{m}{C} \rightarrow C = \frac{m \cdot g}{\ell}$

b $[C]$ = N/m = N · m⁻¹ = kg · m · s⁻² · m⁻¹ = kg · s⁻²
want 1 N = 1 kg · m · s⁻² (▸binas tabel 4)
$[m] \cdot [g] / [l]$ = kg · m · s⁻² · m⁻¹ = kg · s⁻²
De eenheden kloppen.

B 46

a $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow g = \frac{4\pi^2 \cdot \ell}{T^2} = 4\pi^2 \times 0{,}632/2{,}579^2 = 3{,}75$ m/s²

b $F_z = m \cdot g_{Mars} = 0{,}100 \times 3{,}75 = 0{,}375$ N

c $C = m \cdot g / \ell = 0{,}100 \times 3{,}75 / 0{,}632 = 5{,}94 \cdot 10^{-1}$ N/m
of:
kwadrateren $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}}$ levert:
$C = 4\pi^2 \cdot m / T^2 = 4\pi^2 \times 0{,}100 / 2{,}579^2 = 5{,}94 \cdot 10^{-1}$ N/m

B 47

a [steilheid] = $[T^2]/[\ell]$ = s²/m

b Steilheid = $T^2/\ell = 4\pi^2/g = 4{,}0 \rightarrow$
$g = 4\pi^2 / 4{,}0 = 9{,}87 = 9{,}9$ m/s²

c Literatuurwaarde (▸binas): g = 9,81 m/s²
Afwijking: 9,87 – 9,81 = 0,06 m/s²
Dit is (0,06 / 9,81) × 100% = 6,1%.

B 48

a Aflezen: A = 6,0 m en T = 5,3 s

b $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot \ell}{g} \rightarrow$
$\ell = T^2 \cdot g / 4\pi^2 = 5{,}3^2 \times 9{,}81 / 4\pi^2 = 7{,}0$ m

c Aflezen bij u = 4,0 m: 0,6 s of 2,1 s

d Aflezen: 2,1 s of 5,9 s

e In een uiterste stand, want daar is de snelheid van Guido even 0.

B 49

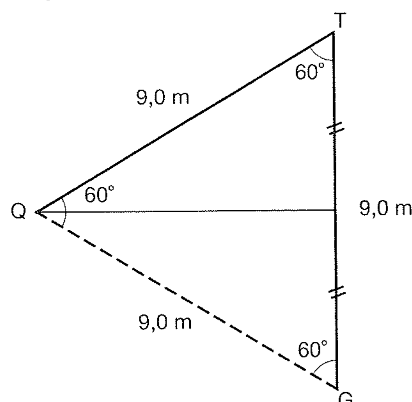
a $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2}{9{,}81}} = 2{,}84$ s

b $C = 4\pi^2 \cdot m / T^2 = 4\pi^2 \times 0{,}500 / 2{,}84^2 = 2{,}45$ N/m

c Neem ook een ander waarde dan die uit de opgave.

C 50

a Zie figuur 15.10. De hulplijn QG laat zien dat het een gelijkzijdige driehoek betreft. De loodlijn uit Q op TG is ook zwaartelijn; dus de lijn TG wordt gehalveerd. Hoogteverlies is 4,5 m.



15.10

b Wet van behoud van energie toepassen:
$E_{tot,boven} = E_{tot,onder}$
$m \cdot g \cdot h_{boven} = ½m \cdot v_{onder}^2$
$v_{onder}^2 = 2 \cdot g \cdot h_{boven} = 2 \times 9{,}81 \times 4{,}5 \rightarrow v_{onder} = 9{,}4$ m/s

c $F_{Q\,op\,G} \cdot \Delta t = m_G \cdot \Delta v_G \rightarrow F_{Q\,op\,G} \times 0{,}3 = 200 \times (4{,}0 - 0)$
$\rightarrow F_{Q\,op\,G} = 2{,}7 \cdot 10^3$ N

d $t_{zwaai} = ¼ \cdot T = {}^1/_4 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} = ½\pi \cdot \sqrt{\frac{9{,}0}{9{,}81}} = 1{,}5$ s

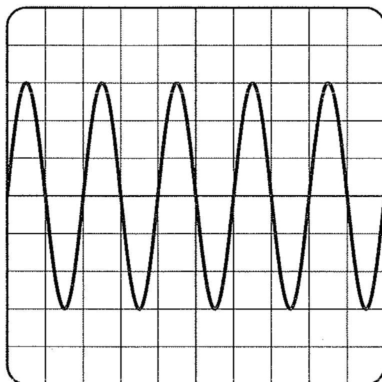
15.6 Geluid als trilling

A 51

a Zie figuur 15.39 in het leerboek.
b Door de pijl om te draaien.

A 52

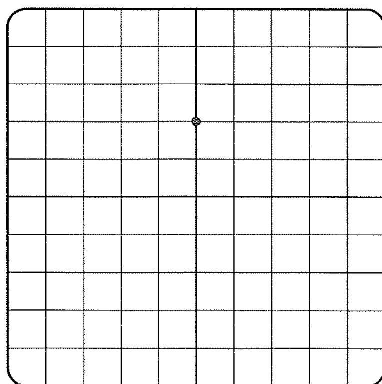
a 2,5 trillingen duren 10 × 0,5 = 5 ms;
dus $T = 5 \cdot 10^{-3} / 2{,}5 = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ s
$f = 1 / T = 1 / 2{,}0 \cdot 10^{-3} = 5{,}0 \cdot 10^2$ Hz = 0,50 kHz
b Zie figuur 15.11.



15.11

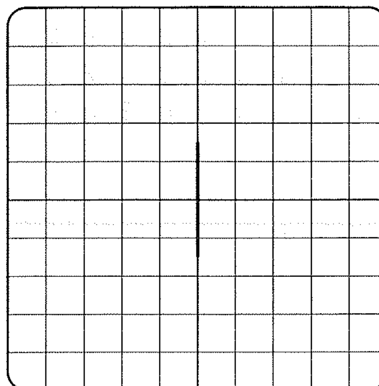
B 53

a Omdat de tijdbasis uitgeschakeld is, gaat de stip niet van links naar rechts, alleen van onder naar boven en weer terug.
b 2,0 V per hokje
c Zie figuur 15.12.



15.12

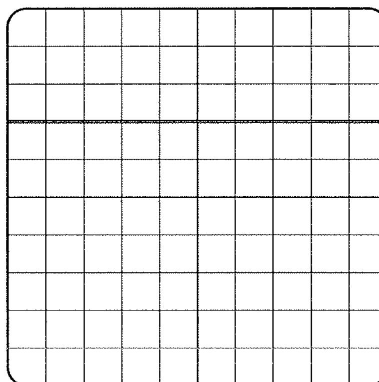
d Zie figuur 15.13.



15.13

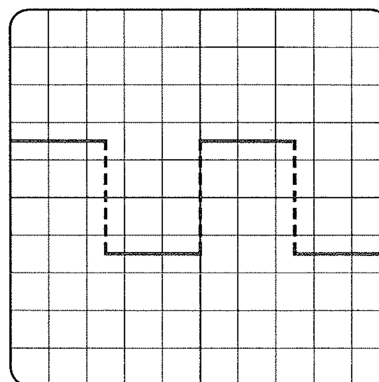
B 54

a Elektrische trillingen
b 2,0 V per hokje
c Eén trilling is te zien →
periode tijdbasis = $T_{trilling}$ = 1 / 50 s = 0,020 s = 20 ms
d 10 hokjes duren 20 ms →
1 hokje duurt 2,0 ms. De tijdbasis staat op 2 ms/div.
e Zie figuur 15.14.



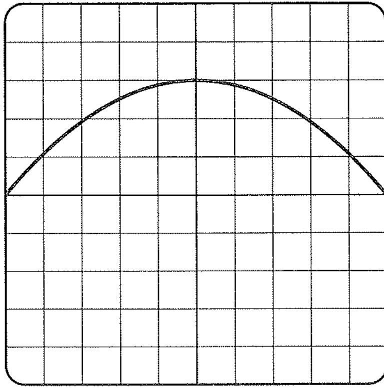
15.14

f Zie figuur 15.15.



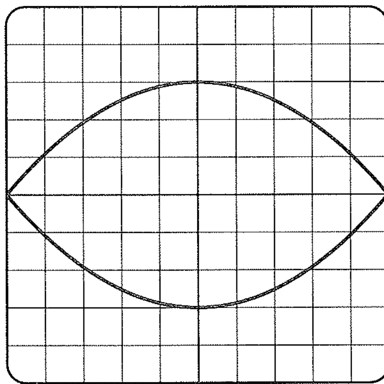
15.15

g Een halve trilling is zichtbaar in dezelfde tijdsduur. Zie figuur 15.16.



15.16

h Dan wordt de volgende halve trilling ook zichtbaar. Zie figuur 15.17.



15.17

C 55

a De grafiek in het diagram is geen sinusoïde.
b 40 mm in de figuur komt overeen met 1,0 s.
$2T$ komt overeen met 94 mm, dus met 94 / 40 = 2,35 s.
$f = 1 / T = 1 / 1{,}175 = 0{,}85$ Hz
c $\varphi = t / T = (13 / 40) / 1{,}175 = 0{,}28$; dus ook $\varphi_r = 0{,}28$
d Een pacemaker neemt bij haperingen van het hart de functie van de sinusknoop over.

15.7 Mechanische resonantie

A 56

a De frequentie(s) waarmee een voorwerp van nature kan trillen
b De frequenties waarmee een tweede voorwerp trilt, zodat een eerste voorwerp gaat meetrillen. Deze frequenties zijn gelijk aan de eigenfrequenties van het eerste voorwerp.
c Het gaan meetrillen van een voorwerp met een ander trillend voorwerp. Daarbij neemt de amplitudo van het eerste voorwerp bijzonder sterk toe.

A 57

a De eigenfrequentie van een glas is hoog. Vrouwen kunnen hogere tonen voortbrengen dan mannen.
b Ze mogen niet in de eigenfrequentie van de brug marcheren, omdat anders resonantie optreedt.

A 58

Er zijn drie buiken te zien in de figuur. De frequentie is $3 \times 440 = 1{,}32$ kHz.

B 59

a Zie figuur 15.50a (grondtoon) en figuur 15.50b (eerste boventoon) uit het leerboek.
b De frequentie van de grondtoon is de helft van die van de eerste boventoon: dus $f_0 = 160$ Hz.
De frequentie van de vierde boventoon is vijf keer de frequentie van de grondtoon: $f_4 = 5 \cdot f_0 = 800$ Hz.

B 60

a De korte tuidraden
b In alle draden heerst dezelfde spankracht.
c Wanneer de frequentie van windstoten gelijk is aan één van de eigenfrequenties van de tuidraden.

B 61

a Aardbevingen zorgen voor trillingen. De energie van deze trillingen wordt doorgegeven aan gebouwen. Daardoor zal de amplitudo van (hoge) gebouwen toenemen. Bij een energieoverdracht in dezelfde frequentie als de eigenfrequentie, neemt de amplitudo sterk toe. Het gebouw stort in.
b Hoe hoger het gebouw, hoe lager de eigenfrequentie.

B 62

a $T = 1 / f = 1 / 440 = 2{,}27 \cdot 10^{-3}$ s = 2,27 ms
b Door de snaar strakker te spannen.

C 63

a Resonantie
b 1000 kg
c $C = F / u = 1{,}0 \cdot 10^3 \times 9{,}79 / 2{,}0 \cdot 10^{-2} = 4{,}9 \cdot 10^5$ N/m
d $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi \times \sqrt{9{,}0 \cdot 10^3} / 4{,}895 \cdot 10^5 = 0{,}85$ s
$f = 1 / T = 1 / 0{,}85 = 1{,}2$ Hz
e $v = 200$ km/h = 55,6 m/s
De golven sluiten op elkaar aan. In precies T wordt de afstand Δx tussen twee zandgolven afgelegd.
$v = \Delta x / \Delta t \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t = v \cdot T = 55{,}6 \times 0{,}85 = 47{,}2$ m
De afstand tussen twee opeenvolgende toppen van de golven bedraagt 47 m.
f Bij lagere snelheid wordt in precies T een kleinere afstand afgelegd. Resonantie treedt op als de zandgolven dichter bij elkaar liggen.

colofon
basisontwerp: Greet Egbers, Marieke Zwartenkot, Amsterdam
opmaak: Mediabuilders, Zutphen
technisch tekenwerk: Mediabuilders, Zutphen

ISBN 978-90-11-09914-2

225300

www.natuurkundeoveral.epn.nl/v3

LEERBOEK SITE UITWERKINGEN DOCENTENKIT

auteurs

Pieter Hogenbirk
Maria Cornelisse
Jan Frankemölle
Dik Jager
Wim Keller
Theo Timmers

epn

